**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени МАКСИМА ТАНКА»**

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____________ В.М. Зеленкевич
13-06-2019
Регистрационный № УД-24-3-№27-2019/уч.

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**
1– 02 05 02 Физика и информатика

2019 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-02 05 02-2013, утвержден 30.08.2013 г., № 87; ОСВО 1 -02 05 04-2013 и учебного плана для дисциплины 1-02 05 02 Физика и информатика.

СОСТАВИТЕЛИ:

В.Р. Соболь, заведующий кафедрой физики и методики преподавания физики учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», доктор физико-математических наук, профессор

К.А. Саечников, доцент кафедры физики и методики преподавания физики учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И. Кириленко, заведующий кафедрой естественно научных дисциплин Белорусской государственной академии авиации, кандидат физико-математических наук, доцент

М.А. Вилькоцкий, профессор кафедры информатики и методики преподавания информатики БГПУ им. Максима Танка, доктор технических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики и методики преподавания физики
(протокол № 10 от 28.05.2019 г.)

Заведующий кафедрой
___________ В.Р. Соболь

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»
(протокол № 6 от 18.06.2019 г.)

Оформление программы учебной дисциплины и сопровождающих ее материалов действующим требованиям Министерства образования Республики Беларусь соответствует

Методист учебно-методического отдела БГПУ
___________ С.А. Стародуб

Директор библиотеки
Н.П. Сятковская

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Методы математической физики» – учебная дисциплина, содержащая систематизированные научные знания и алгоритмы применения средств математики для описания и обобщения разнообразных физических процессов и явлений.

Учебная программа по учебной дисциплине «Методы математической физики» направлена на формирования наиболее рациональной процедуры изложения и усвоения математических методов и приемов применительно к моделированию фундаментальных физических законов.

Цель преподавания и изучения учебной дисциплины «Методы математической физики» состоит в формировании у студентов научного мировозрения и приобретении ими фундаментальных знаний о главенстве роли математики в физике в целом и возможностях применения математической систематизации для описания значительного круга физических явлений, лежащих в основе всех тем и параграфов из разделов общей физики – механики, молекулярной физики и термодинамики, электричества, магнетизма, оптики, квантовой физики.

Важным моментом при изучении указанной дисциплины является приобщение студентов к арсеналу математических методов, без знания которых невозможно последующее углубленное изучение разделов теоретической физики – «Теоретической механики», «Электродинамики», «Квантовой физики» на первой и второй ступени получения высшего образования.

Задачи изучения учебной дисциплины «Методы математической физики» заключаются в приобретении студентами академических компетенций, основу которых составляет способность к самостоятельному поиску учебно-информационных ресурсов, овладению методами приобретения и осмысления знания:

– основных понятий математики из области интегрального и дифференциального исчисления для описания физических явлений.

– приемов и способов адаптации методов математики для интерпретации установленных закономерностей в природе.

– важнейших проявлений таких понятий как причинно-следственная связь между физическими явлениями и процессами в линейном и ином приближении.

– факторов абстрагирования и упрощенной формализации при описании равновесных и неравновесных процессов на примере явлений переноса тепла и заряда.

Преподавание и успешное изучение учебной дисциплины «Методы математической физики» осуществляется на базе приобретенных студентом знаний и умений по дисциплинам «Общая физика», (включая ее разделы механики, молекулярной физики и термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, квантовой физики), «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Специальный физический практикум».

Изучение учебной дисциплины «Методы математической физики» должно обеспечить формирование у студентов академических, социально-личностных и профессиональных компетенций.

Требования к академическим компетенциям:

Специалист должен:

– АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

– АК-2. Владеть методами научно-педагогического исследования.

– АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

системным и сравнительным анализом.

– АК-4. Уметь работать самостоятельно.

– АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

– АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

– АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

– АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

– АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

– АК-10. Уметь регулировать взаимодействия в образовательном процессе.

Требования к социально-личностным компетенциям:

Специалист должен:

– СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

– СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

– СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

– СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения.

– СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

– СЛК-6. Уметь работать в команде.

– СЛК-7. Быть способным к осуществлению самообразования и самосовершенствования профессиональной деятельности.

Требования к профессиональным компетенциям:

Специалист должен быть способен:

– ПК-1. Управлять учебно-познавательной и учебно-исследовательской деятельностью обучающихся.

– ПК-2. Использовать оптимальные методы, формы, средства обучения.

– ПК-3. Организовывать и проводить учебные занятия различных видов и форм.

– ПК-4. Организовывать самостоятельную работу обучающихся.

– ПК-5. Использовать оптимальные методы, формы, средства воспитания.

– ПК-6. Осуществлять оптимальный отбор и эффективно реализовывать технологии воспитания.

– ПК-7. Организовывать и проводить воспитательные мероприятия.

– ПК-8. Формировать базовые компоненты культуры личности обучающихся.

– ПК-9. Эффективно осуществлять технологию деятельности классного руководителя.

– ПК-10. Осуществлять профилактику девиантного поведения обучающихся.

– ПК-11. Развивать навыки самостоятельной работы обучающихся с учебной, справочной, научной литературой и др. источниками информации.

– ПК-12. Развивать учебные возможности и способности обучающихся на основе системной педагогической диагностики.

– ПК-13. Организовывать и проводить коррекционно-педагогическую деятельность с обучающимися.

– ПК-14. Предупреждать и преодолевать неуспеваемость обучающихся.

– ПК-16. Оценивать учебные достижения учащихся, а также уровни их воспитанности и развития.

– ПК-17. Осуществлять профессиональное самообразование и самовоспитание с целью совершенствования профессиональной деятельности.

– ПК-18. Организовать целостный педагогический процесс с учетом современных образовательных технологий и педагогических инноваций.

– ПК-19. Анализировать и оценивать педагогические явления и события прошлого в свете современного гуманитарного знания.

В результате изучения учебной дисциплины «Методы математической физики» студент должен **знать**:

– основные понятия, связанные с мировоззренческим потенциалом физики и математики в философских и методологических аспектах

– ход становления основных этапов математической физики по ее глобальным разделам;

– роль математики в системе теоретической физики вообще и относительно проблем создания новых перспективных материалов и технологий, включая значимость таких понятий как математическая модель физического процесса, численный эксперимент, интерполяция и экстраполяция физических свойств;

– иерархию эмпирического и аналитического подходов в описании и исследовании явлений окружающего мира;

– физические понятия, законы, принципы и теории в природе и в вычислительной технике;

– основные типы уравнений математической физики и методы их вывода из физическихмоделей;

– методы точного решения базовых уравнений математической физики;

– понятие фундаментального решения;

– основные типы специальных функций.

В результате изучения учебной дисциплины «Методы математической физики» студент должен **уметь**:

– решать уравнения с частными производными, включая

– уравнение первого порядка, уравнение диффузии (теплопроводности),

– волновое уравнение, уравнение Лапласа.

– пользоваться системой теоретических знаний для решения задач в области прикладной физики;

– проводить анализ проблем физического процесса или явления в рамках математического формализма;

– применять аппарат прикладной математики для решения актуальных задач и проблем физики;

– использовать программные средства общего и специального назначения в сфере обучения и усвоения знания в области математической физики;

В результате изучения учебной дисциплины «Методы математической физики» студент должен **владеть**:

– системой знаний о математических понятиях, принципах, теориях, математической сущности представления физических процессов

– практическими умениями решать качественные, расчетные и графические задачи физики методами высшей математики

– методами численного расчета и графического отображения физических закономерностей

– умениями применять полученные знания для описания и объяснения явлений в природе, физических свойств вещества, для понимания роли математики в развитии физических моделей мира.

Всего на изучение учебной дисциплины «Методы математической физики» отводится 132 часа, из них аудиторных 46 часов, на самостоятельную работу студентов – 50 часов. Распределение часов по видам аудиторных занятий: 30 часов лекций, 16 часов практических занятий. Изучение дисциплины проводится на 3 курсе (5 семестр), дневной формы получения образования.

На управляемую самостоятельную работу по учебной дисциплине «Методы математической физики» отводится 12 часов, из них: 8 часов лекций, 4 часа практических занятий.

Текущая аттестация проводится в соответствии с учебным планом по специальности «Методы математической физики» в форме экзамена в 5 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Скалярные и векторные поля.

1.1. Скалярное поле. Поверхности уровня, линии уровня Производная по направлению. Градиент скалярного поля, его физический смысл. Векторное поле и линии поля. Поток через поверхность.

1.2. Основные формулы и операции векторной алгебры в декартовой системе. Понятия дивергенции, ротора для векторного поля.

1.3. Направляющие косинусы, производная по направлению, связь с градиентом поля. Физический смысл.

1.4. Дивергенция поля и теорема Остроградского – Гаусса на примере электростатики. Циркуляция и ротор поля в уравнениях Максвелла. Теорема Стокса.

1.5. Параметры векторного поля в представлении операций дивергенции на примере единичного заряда в электро- и магнитостатике.

1.6. Закон электромагнитной индукции в представлении циркуляции и ротора векторного поля.

1.7. Оператор Гамильтона набла. Дифференциальные операции первого и второго порядка. Оператор Лапласа.

1.8. Дифференцирования скалярных и векторных полей в представлении оператора Гамильтона и оператора Лапласа.

1.9. Классификация векторных полей и понятие потенциала на примере векторного электромагнитного поля. Скалярный, векторный потенциал. Гармонические функции.

2. Элементы теории поля в криволинейных координатах.

2.1. Элементы теории поля в криволинейных координатах. Виды криволинейных ортогональных систем, их связь с декартовой, метрические коэффициенты.

2.2. Полярная, цилиндрическая и сферическая системы координат в задачах соответствующей симметрии. Расчет коэффициентов Ламе и дифференцирование в сферических и цилиндрических координатах.

2.3. Дифференциальные операции на сфере и цилиндре.

3. Дифференциальные уравнения в частных производных.

3.1. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка. Основные уравнения математической физики. Граничные и начальные условия.

3.2. Вывод уравнений колебания струны и теплопроводности, уравнение для потенциалов электромагнитного поля, уравнения для свободных электрического и магнитного полей.

4. Методы решения уравнений в частных производных.

4.1. Метод разделения переменных. Свободные колебания струны.

4.2. Метод Фурье при решении дифференциальных уравнений.

4.3. Эрмитовские операторы. Собственные значения и собственные функции.

4.4. Решение уравнения Шредингера для частицы, движущейся в прямоугольной потенциальной яме и в центральном силовом поле.

4.5. Интеграл Фурье. Преобразование Фурье. Дельта-функция Дирака.

4.6. Самосогласованные операторы и ортонормированная совокупность функций. Математический аппарат квантовой механики.

4.7. Метод функций Грина. Запаздывающие потенциалы.

4.8. Подходы по решению неоднородного уравнения методом функций Грина.

4.9. Основы теории электромагнитного поля и его элементов в криволинейных системах координатах.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ»

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Самостоятельная работа студента	Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Управляемая самостоятельная работа студента				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 семестр								
	Методы математической физики	**22**	**12**	**12 (8 л., 4 пр.)**	**50**			Рейт. контр. р. № 1 Рейт. контр. р. № 2 Рейт. контр. р. № 3
1	**1. Скалярные и векторные поля**	**8**	**8**	**2 л. 4 пр.**	**16**			
	Скалярное поле. Поверхности уровня, линии уровня. Производная по направлению. Градиент скалярного поля, его физический смысл. Векторное поле и линии поля. Поток через поверхность	2			2	Электронные модели поверхностей уровня и линий уровня	[2] 1.1, 1.3, 1.4, 1.5, [3] 2.1, 2.3	Коллоквиум, тестовые задания по содержанию лекции
	Основные формулы и операции векторной алгебры в декартовой системе. Понятия дивергенции, ротора для векторного поля			2 (пр.)	4	Компьютерная анимация градиента, дивергенции, ротора для поля	[2] 2.2, 2.4 [3] 2.1–2.3	Устные тесты по материалу по итогам самостоятельного изучения

	Направляющие косинусы, производная по направлению, связь с градиентом поля. Физический смысл		2			Модель декартовой визуализации координат	[3] 15, 17, 18; [7] 59–62	Блиц-опрос в устной форме
	Дивергенция поля и теорема Остроградского – Гаусса на примере электростатики. Циркуляция и ротор поля в уравнениях Максвелла. Теорема Стокса	2		2 (пр.)		Электронная модель движения вдоль линии поля	[2] 1.4, 1.5, 1.8; [3] 2.12; [5] 2.5–2.8	Коллоквиум, тесты по содержанию лекции
	Параметры векторного поля в представлении операций дивергенции на примере единичного заряда в электро- и магнитостатике		2		2	Числовая модель применения теоремы Остроградского-Гаусса	[3] 1.12–1.18; [5] 1.5–1.9; [8] 110, 114, 117	Устный опрос, тестовые задания по содержанию
	Закон электромагнитной индукции в представлении циркуляции и ротора векторного поля		2		2	Модель реализации связи циркуляции и компоненты ротора	[3] 1.19–1.23; [8] 4–8; Д [2] 1.7–1.9	Диктант на знание лекций
	Оператор Гамильтона набла. Дифференциальные операции первого и второго порядка. Оператор Лапласа	2		2 (л.)	2	Компьютерная анимация оператора Гамильтона	[2] 1.6, 1.7, 4.1, 4.2; [3] 2.6, 2.8. 2.11	Коллоквиум, письменные тесты по содержанию лекций
	Дифференцирования скалярных и векторных полей в представлении оператора Гамильтона и оператора Лапласа		2		2	Числовая модель применения операции дифференцирования	[5] 2,5–2.8, 2.13–2.16; [7] 114, 115	Рейтинговая контрольная работа № 1. Скалярные и векторные поля
	Классификация векторных полей и понятие потенциала на примере векторного электромагнитного поля. Скалярный, векторный потенциал. Гармонические функции	2			2	Электронная модель представления гармонических функций	[2] 1.7, 4.1–4.5; [9] 1.6–1.9	Коллоквиум, тестовые задания на узнаваемость
2	**2. Элементы теории поля в криволинейных координатах (6 ч.)**	**2**	**2**	**4 (л.)**	**12**			

	Элементы теории поля в криволинейных координатах. Виды криволинейных ортогональных систем, их связь с декартовой, метрические коэффициенты	2			4	Компьютерная анимация при сопоставлении декартовой и криволинейной систем координат	[2] 2.1–2.3, 3.8, 4.1–4.9; [3] 3.2–3.4	Самостоятельная работа по расчету метр коэффициента
	Полярная, цилиндрическая и сферическая системы координат в задачах соответствующей симметрии. Расчет коэффициентов Ламе и дифференцирование в сферических и цилиндрических координатах		2	2 (л.)	4	Графическое отображение операций дифференцирования в представлении метрических коэффициентов	[3] 2.4–2.7; [5] 4.8, 1–9	Устный опрос, письменные тесты по практическим заданиям.
	Дифференциальные операции на сфере и цилиндре			2 (л.)	4	Дифференцирование в представлении коэффициентов Ламе	[5] 4.8, 1–9; [7] 3.2–3.7	Устное собеседование по теме
3	**3. Дифференциальные уравнения в частных производных (20 ч.)**	**12**	**2**	**2 л.**	**22**			
	Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка. Основные уравнения математической физики. Граничные и начальные условия	2			4	Общая схема-классификатор уравнений в частных производных	[1] 1.1 (15–24); [4] 1.2–1.4; [1] гл. II. 1.	Коллоквиум, устные тесты по содержанию лекции
	Вывод уравнений колебания струны и теплопроводности, уравнение для потенциалов электромагнитного поля, уравнения для свободных электрического и магнитного полей	2		2 (л.)	4	Графическая модель принципа структурирования уравнения по нескольким переменным	[1] 2.1. 2.2, 2.3, с. 53; [3] 1,2; [4] 3.3	Устное собеседование по материалу темы
	Метод разделения переменных. Свободные колебания струны	2			2	Электронная модель метода Фурье по гармоническим функциям	[1] 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, с. 128; [4] 3.5–3.7	Письменные тесты
	Метод Фурье при решении дифференциальных уравнений				2	Числовая модель применения опера-	[1] 2.3.4; 2.3.5, 2.3.6.	Рейтинговая контрольная работа

						ции разделения переменных		№ 2. Элементы теории поля
	Эрмитовские операторы. Собственные значения и собственные функции				2	Принципиальное выделение на схеме метода операторов	[6] 4.8–4.10	Устное собеседование по теме
	Решение уравнения Шредингера для частицы, движущейся в прямоугольной потенциальной яме и в центральном силовом поле	2			2	Графическое отображение силового поля методом числовой модели	[5] 4.2, 4.3; [6] 2.3–2.10	Устное собеседование по теме
	Интеграл Фурье. Преобразование Фурье. Дельта-функция Дирака	2			2	Графическое представление обобщенной функции и ее свойств	[1] 3.VI.1, 3.VI.2, 3.VI.3	Блиц-опрос в устной форме
	Самосогласованные операторы и ортонормированная совокупность функций. Математический аппарат квантовой механики		2		2	Графическая модель принципа ортонормирования собственных функций	[9] 3.2–3.6	Рейтинговая контрольная работа № 3. Уравнения в частных производных
	Метод функций Грина при решении неоднородных дифференциальных уравнений математической физики	2			2	Схематическое принципиальное выделение метода построения функций Грина	[1] 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, Д [1] 4.5–4.7	Самостоятельная работа по теме
	Основы теории электромагнитного поля и его элементов в криволинейных системах координатах		2			Схематическое отображение ортогональной криволинейной системы координат	[2] 6.4–6.7	Итоговая контрольная работа
Итого: 96 ч.		**22**	**12**	**12 (8 л., 4 пр.)**	**50**			Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Бондарь, В. А. Методы математической физики [Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс по учеб. дисциплине «Методы математической физики» / В. А. Бондарь, Г. Г. Бояркина // Репозиторий БГПУ. – Режим доступа: http://elib.bspu.by/handle/doc/34302. – Дата доступа: 27.06.2019.
2. Индивидуальные задания по высшей математике : в 4 ч. / А. П. Рябушко [и др.] ; под общ. ред. А. П. Рябушко. – 5-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2009. – Ч. 3 : Ряды. Кратные и криволинейные интегралы. Элементы теории поля. – 367 с.
3. Кротов, В. Г. Математический анализ : учеб. пособие / В. Г. Кротов ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т. – Минск : БГУ, 2017. – 376 с.
4. Математический анализ : учеб. пособие : в 4 ч. / Н. П. Семенчук [и др.] ; М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т. – Брест : БрГУ, 2014. – Ч. 4 : Ряды. – 161 с.
5. Математический анализ. Ряды : курс лекций для студентов физ. фак. / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т ; сост.: Н. П. Семенчук, Н. Н. Сендер, А. Н. Сендер. – Брест : БрГУ, 2009. – 68 с.
6. Рябушко, А. П. Высшая математика: теория и задачи : учеб. пособие : в 5 ч. / А. П. Рябушко, Т. А. Жур. – 2-е изд. – Минск : Выш. шк., 2017. – Ч. 1 : Линейная и векторная алгебра. Аналитическая геометрия. Дифференциальное исчисление функций одной переменной. – 303 с.
7. Шылінец, У. А. Шэрагі : практыкум / У. А. Шылінец, П. І. Кібалка, І. У. Кірушын ; М-ва адукацыі Рэсп. Беларусь, Беларус. дзярж. пед. ун-т. – Мінск : БДПУ, 2009. – 116 с.

Дополнительная литература

1. Акивис, М. А. Тензорное исчисление / М. А. Акивис, В. В. Гольдберг. – М. : Наука, 1992. – 352 с.
2. Альсевич, Л. А. Практикум по дифференциальным уравнениям / Л. А. Альсевич, Л. П. Черепкова. – Минск : Выш. шк., 1990. – 246 с.
3. Белевец, П. С. Задачник-практикум по методам математической физики / П. С. Белевец, И. Г. Кожух. – Минск : Выш. шк., 1998. – 224 с.
4. Белов, В. В. Сборник задач по дополнительным главам математической физики / В. В. Белов, Е. М. Воробьев. – Минск : Выш. шк., 1998. – 188 с.
5. Болсун, А. И. Методы математической физики / А. И. Болсун, В. К. Тройский, А. А. Бейда. – Минск : Выш. шк., 1988. – 146 с.

6. Владимиров, В. С. Уравнения математической физики / В. С. Владимиров. – М. : Наука, 2013. – 264 с.

7. Демидович, Б. П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу / Б. П. Демидович. – М. : АСТ : Астрель, 2006. – 559 с.

8. Ильин, В. А. Основы математического анализа : в 2 ч. / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. – 4-е изд. – М. : Физматлит, 2002. – Ч. 2. – 464 с.

9. Комеч, А. И. Практическое решение уравнений математической физики / А. И. Комеч. – М. : МГУ, 1998. – 147 с.

10. Кочин, Н. Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления / Н. Е. Кочин. – М. : Наука, 1996. – 426 с.

11. Кошляков, Н. С. Уравнения в частных производных математической физики / Н. С. Кошляков, Э. Б. Глинер, М. М. Смирнов. – М. : Наука, 1998. – 248 с.

12. Краснов, М. Л. Векторный анализ / М. Л. Краснов, А. И. Киселев, М. Л. Макаренко. – М. : Едиториал УРСС, 2016. – 144 с.

13. Кудрявцев, Л. Д. Курс математического анализа : в 4 т. / Л. Д. Кудрявцев. – М. : Наука, 1981. – Т. 2 : Ряды. Дифференциальное и интегральное исчисление функций многих переменных. – 416 с.

14. Методы математической физики / В. В. Багров [и др.]. – М. : STT, 2010. – 162 с.

15. Метьюз, Дж. Математические методы физики / Дж. Метьюз, Р. Уокер. – М. : Наука, 1992. – 158 с.

16. Петровский, И. Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений / И. Г. Петровский. – М. : Физматлит, 2009. – 286 с.

17. Самойленко, А. М. Дифференциальные уравнения в примерах и задачах / А. М. Самойленко, С. А. Кривошея, Н. А. Перестюк. – М. : Наука, 1989. – 212 с.

18. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – М. : АСТ : Астрель, 2012. – 559 с.

19. Шмелев, П. А. Теория рядов в задачах и упражнениях / П. А. Шмелев. – Минск : Выш. шк., 1988. – 128 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов – это вид учебной деятельности обучающихся в процессе освоения образовательных программ высшего образования, осуществляемой самостоятельно вне аудитории (в библиотеке, научной лаборатории, в домашних условиях и т.д.) с использованием различных средств обучения и источников информации (далее – СР).

Целями СР являются:

– активизация учебно-познавательной деятельности обучающихся;

– формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний;

– формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного применения знаний на практике;

– саморазвитие и самосовершенствование.

Управляемая самостоятельная работа обучающихся – это СР, выполняемая по заданию и при методическом руководстве лица из числа профессорско-преподавательского состава (далее – преподаватель) и контролируемая на определенном этапе обучения преподавателем (далее – УСР).

Целью УСР дополнительно к целям СР является целенаправленное обучение основным навыкам и умениям для выполнения СР.

УСР, как важная составная часть образовательного процесса, должна обеспечиваться мотивацией, доступностью и качеством научно-методического и материально-технического обеспечения образовательного процесса, сопровождаться эффективной системой контроля и способствовать усилению практической направленности обучения.

При выполнении УСР должны быть созданы условия, при которых обеспечивалась бы активная роль обучающихся в самостоятельном получении знаний и систематическом применении их на практике.

Управление самостоятельной работой обучающихся должно осуществляться через разработку научно-методического обеспечения СР и осуществление контрольных мероприятий.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ ПО УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

№ 1. Тема: «Основные формулы и операции векторной алгебры в декартовой системе. Понятия дивергенции, ротора для векторного поля».

(2 часа – пр.).

Задание: Рассмотрение действия оператора дифференцирования на скалярные и векторные поля.

Решение задач в декартовой системе координат.

Письменное задание.

1 уровень.

1. Скалярные и векторные поля.

2. Скалярное поле, его примеры, линии и поверхности уровня. Производные по направлению.

3. Векторное поле, линии поля, уравнение линий поля.

2 уровень.

Дифференциальные операции 1-го порядка на скалярных и векторных полях.

Задача 7

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U = x^2 + y^3$. Определить производную этого поля вдоль направления, заданного единичным вектором $l_0 = 5i + 3j + \sqrt{2}k$ в точке с координатами $(x = 4; y = 5; z = 6)$.

Задача 8

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U = x^3 + y^5 + z^2$. Определить производную этого поля вдоль направления, заданного единичным вектором $l_0 = 3x^2 i + 3y^3 j + \sqrt{7} z^4 k$ в точке с координатами $(x = 1; y = 2; z = 3)$

Задача 9

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U = x^3 y^5 z^2$. Определить производную этого поля вдоль направления, заданного единичным вектором l_0 у которого направляющие косинусы имеют значения $Cos\alpha = \frac{1}{4}$ $Cos\beta = \frac{3}{4}$ для точки с координатами $(x = 1; y = 1; z = 2)$

3 уровень.

Дифференциальные операции 2-го порядка на скалярных и векторных полях. Ортогональная декартова система координат и запись операций градиента, дивергенции, ротора.

Задача 11

Векторное поле задано в декартовой системе функцией $F(x,y,z)=10x^3i+10y^3j+10z^3k$. Применив теорему Остроградского, связывающую поток вектора через поверхность с объемным интегралом от дивергенции поля, и перейдя в сферическую систему координат определить поток векторного поля через внешнюю сторону поверхности $x^2+y^2+z^2=R^2$.

№ 2. Тема: Дивергенция поля и теорема Остроградского – Гаусса в декартовой системе координат на примере электростатики. Циркуляция и ротор поля в уравнениях Максвелла. Теорема Стокса.

(2 часа – пр.).

1 уровень.

Задача 12

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=10x^3i+10y^3j+16x^2y^3zk$. Определить дивергенцию этого поля в точке $(x=2; y=2; z=2)$.

Задача 14

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=10x^3y^2zi+\left(5x+6y^2z\right)j+16x^2y^3zk$. Определить дивергенцию этого поля в точке $(x=2; y=2; z=2)$.

2 уровень.

Задача 15

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U(x,y,z)$ где $U(x,y,z)=x^2+y^3+2xy^2z^3$. Определить градиент этого поля, как вектор, направляющие косинусы градиента, величину градиента поля в точке $(x=1; y=1; z=3)$.

Задача 16

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U(x,y,z)$ где $U(x,y,z)=2x^2y+xy^3z^2+4x^3y^4z^2$. Определить градиент этого поля, как вектор, направляющие косинусы градиента, величину градиента поля в точке $(x=1; y=2; z=2)$.

3 уровень.

Задача 17

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=\left(2x^4+y^2+yz^3\right)i+\left(4x+2xyz^2\right)j+2z^3k$. Определить дивергенцию и ротор этого поля в точке $(x=1; y=2; z=2)$.

Задача 18

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=\left(2x^4+y^3+2yz^3\right)^2 i+\left(4x+6xy^2z^2\right) j+2z^3k$. Определить ротор этого поля в точке $\left(x=1; y=2; z=3\right)$.

Задача 19

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U\left(x,y,z\right)$ где $U\left(x,y,z\right)=x+y+2z$. Определить вид поверхности уровня данного поля, проходящую через точку $\left(x=1; y=1; z=3\right)$.

№ 3. Тема: «Оператор Гамильтона. Дифференциальные операции первого и второго порядка. Оператор Лапласа».

(2 часа – лк.).

Задание: Изучение вопросов темы.

Письменное задание (ответы на вопросы).

1 уровень.

3. Оператор Гамильтона «набла».

4. Градиент поля и его физический смысл.

11. Оператор Лапласа.

2 уровень.

6. Теорема Остроградского – Гаусса.

7. Понятие потока векторного поля. Положительный и отрицательный поток через некоторую площадку.

8. Поток векторного поля через замкнутую поверхность. Дивергенция векторного поля в контексте теоремы Остроградского – Гаусса.

Задача 11

Векторное поле задано в декартовой системе функцией $F(x,y,z)=10x^3i+10y^3j+10z^3k$. Применив теорему Остроградского, связывающую поток вектора через поверхность с объемным интегралом от дивергенции поля, и перейдя в сферическую систему координат определить поток векторного поля через внешнюю сторону поверхности $x^2+y^2+z^2=R^2$.

Задача 12

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=10x^3i+10y^3j+16x^2y^3zk$. Определить дивергенцию этого поля в точке $\left(x=2; y=2; z=2\right)$.

Задача 13

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=2x^3i+2y^3j+2z^3k$. Применив теорему Остроградского, связывающую поток вектора через поверхность с объемным интегралом от дивергенции поля, и перейдя в сферическую систему координат определить поток векторного поля через внешнюю сторону поверхности $x^2+y^2+z^2=R^2$.

Задача 14

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=10x^3y^2zi+\left(5x+6y^2z\right)j+16x^2y^3zk$. Определить дивергенцию этого поля в точке $\left(x=2;y=2;z=2\right)$.

Задача 15

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U\left(x,y,z\right)$ где $U\left(x,y,z\right)=x^2+y^3+2xy^2z^3$. Определить градиент этого поля, как вектор, направляющие косинусы градиента, величину градиента поля в точке $\left(x=1;y=1;z=3\right)$.

3 уровень.

Задача 16

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U\left(x,y,z\right)$ где $U\left(x,y,z\right)=2x^2y+xy^3z^2+4x^3y^4z^2$. Определить градиент этого поля, как вектор, направляющие косинусы градиента, величину градиента поля в точке $\left(x=1;y=2;z=2\right)$.

Задача 17

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=\left(2x^4+y^2+yz^3\right)i+\left(4x+2xyz^2\right)j+2z^3k$. Определить дивергенцию и ротор этого поля в точке $\left(x=1;y=2;z=2\right)$.

Задача 18

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=\left(2x^4+y^3+2yz^3\right)^2i+\left(4x+6xy^2z^2\right)j+2z^3k$. Определить ротор этого поля в точке $\left(x=1;y=2;z=3\right)$.

Задача 19

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U\left(x,y,z\right)$ где $U\left(x,y,z\right)=x+y+2z$. Определить вид поверхности уровня данного поля, проходящую через точку $\left(x=1;y=1;z=3\right)$.

Задача 20

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U\left(x,y,z\right)$ где $U=x+y+2z+4$. Определить вид поверхности уровня данного поля, проходящую через точку $\left(x=1;y=1;z=3\right)$.

Задача 10

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U = xy^2 + z^2$. Определить производную этого поля вдоль направления, заданного единичным вектором l_0 у которого направляющие косинусы имеют значения $Cos\alpha = \frac{1}{2}$ $Cos\beta = \frac{1}{2}$ для точки с координатами $(x = 2; y = 2; z = 2)$.

Задача 14

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x, y, z) = 10x^3y^2zi + \left(5x + 6y^2z\right) j + 16x^2y^3zk$. Определить дивергенцию этого поля в точке $(x = 2; y = 2; z = 2)$.

Задача 15

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U(x, y, z)$ где $U(x, y, z) = x^2 + y^3 + 2xy^2z^3$. Определить градиент этого поля, как вектор, направляющие косинусы градиента, величину градиента поля в точке $(x = 1; y = 1; z = 3)$.

Задача 12

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x, y, z) = 10x^3i + 10y^3j + 16x^2y^3zk$. Определить дивергенцию этого поля в точке $(x = 2; y = 2; z = 2)$.

Задача 13

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x, y, z) = 2x^3i + 2y^3j + 2z^3k$. Применив теорему Остроградского, связывающую поток вектора через поверхность с объемным интегралом от дивергенции поля, и перейдя в сферическую систему координат определить поток векторного поля через внешнюю сторону поверхности $x^2 + y^2 + z^2 = R^2$.

№ 4. Тема: «Полярная, цилиндрическая и сферическая системы координат в задачах соответствующей симметрии. Расчет коэффициентов Ламе и дифференцирование в сферических и цилиндрических координатах».

(2 часа-лк.).

Задание: Ответы на вопросы по теме.

Письменное задание (ответы на вопросы).

1 уровень.

1. Криволинейные ортогональные системы координат. Коэффициенты Ламе.

17. Основные дифференциальные операции в криволинейных ортогональных координатах.

18. Основные дифференциальные операции в цилиндрических и сферических координатах.

Задача 1

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере полярной системы. Отобразить процедуру вычисления площади круга с применением декартовой и полярной систем координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 2

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере полярной системы. Отобразить процедуру вычисления длины окружности с применением декартовой и полярной систем координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 3

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере цилиндрической системы. Отобразить процедуру вычисления объема цилиндра в декартовой и цилиндрической системах координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 4

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере цилиндрической системы. Отобразить процедуру вычисления площади поверхности цилиндра в декартовой и цилиндрической системах координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

2 уровень.

Задача 5

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере сферической системы. Отобразить процедуру вычисления площади поверхности шара в декартовой и сферической системах координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 6

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере сферической системы. Отобразить процедуру вычисления объема шара в декартовой и сферической системах координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 7

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U = x^2 + y^3$. Определить производную этого поля вдоль направления, заданного единичным вектором $l_0 = 5i + 3j + \sqrt{2}k$ в точке с координатами $\left(x = 4; y = 5; z = 6\right)$.

Задача 21

Скалярное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $U = r^2 Sin^3\phi + z^5$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r = 2; \phi = \dfrac{\pi}{4}; z = 1\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 21

Скалярное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $U = r^2 Sin^2\phi + z^5 r^3 Cos\phi$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r = 1; \phi = \dfrac{\pi}{2}; z = 2\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 22

Скалярное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U = r^2 Sin^3\vartheta + rCos^2\vartheta Sin\phi$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r = 2; \vartheta = \dfrac{\pi}{4}; \phi = \dfrac{\pi}{6}\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 23

Скалярное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U = 2r^2 Sin^4\vartheta Sin^2\phi + Cos^2\vartheta Sin\phi$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r = 2; \vartheta = \dfrac{\pi}{6}; \phi = \dfrac{\pi}{3}\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

3 уровень.

Задача 24

Векторное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U = 2r^2 Sin^4\vartheta Sin^2\phi r_0 + Cos^2\vartheta Sin\phi\vartheta_0 + r^2 Sin\phi\phi_0$. Здесь $(r_0; \vartheta_0; \phi_0)$ – единичные орты. Определить дивергенцию указанного поля в точке $\left(r = 2; \vartheta = \dfrac{\pi}{6}; \phi = \dfrac{\pi}{3}\right)$ как некоторое число.

Задача 25

Векторное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U = 2r^2 Sin^4\vartheta Sin^2\phi r_0 + Cos^2\vartheta Sin\phi\vartheta_0 + r^2 Sin\phi\phi_0$. Здесь $(r_0; \vartheta_0; \phi_0)$ – единичные орты. Определить ротор указанного поля в точке $\left(r = 1; \vartheta = \dfrac{\pi}{4}; \phi = \dfrac{\pi}{4}\right)$ как некоторый вектор сферической системы координат.

Задача 26

Векторное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $F = r^2 Sin^3\phi r_0 + rz^5 Cos\phi\phi_0 + rzz_0$. Здесь $(r_0; \phi_0; z_0)$ – единичные орты системы координат. Определить дивергенцию указанного поля в точке $\left(r=2;\phi=\dfrac{\pi}{4};z=1\right)$ как некоторое число.

Задача 27

Векторное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $F=r^2Sin^3\phi r_0+rz^5Cos\phi\phi_0+rzz_0$. Здесь $(r_0;\phi_0;z_0)$ – единичные орты системы координат. Определить ротор указанного поля в точке $\left(r=2;\phi=\dfrac{\pi}{4};z=1\right)$ как некоторое число.

Задача 28

Векторное поле задано в сферической системе координат в виде функции $F=2r^2Sin^4\vartheta Sin^2\phi r_0+\vartheta_0+\phi_0$. Здесь $(r_0;\vartheta_0;\phi_0)$ – единичные орты. Определить дивергенцию указанного поля в точке $\left(r=1;\vartheta=\dfrac{\pi}{4};\phi=\dfrac{\pi}{4}\right)$ как некоторое число.

№ 5. Тема: « Дифференциальные операции на сфере и цилиндре»
(2 часа – лк).

Задание: Решение задач по теме.

Письменное задание.

1 уровень.

16. Криволинейные ортогональные системы координат. Метрические коэффициенты.
17. Дифференциальные операции в криволинейных ортогональных координатах.
18. Основные дифференциальные операции в цилиндрических и сферических координатах.

2 уровень.

Задача 26

Векторное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $F=r^2Sin^3\phi r_0+rz^5Cos\phi\phi_0+rzz_0$. Здесь $(r_0;\phi_0;z_0)$ – единичные орты системы координат. Определить дивергенцию указанного поля в точке $\left(r=2;\phi=\dfrac{\pi}{4};z=1\right)$ как некоторое число.

Задача 27

Векторное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $F=r^2Sin^3\phi r_0+rz^5Cos\phi\phi_0+rzz_0$. Здесь $(r_0;\phi_0;z_0)$ – единичные орты системы координат. Определить ротор указанного поля в точке $\left(r=2;\phi=\frac{\pi}{4};z=1\right)$ как некоторое число.

3 уровень.

Векторное поле задано в сферической системе координат в виде функции $F=2r^2Sin^4\vartheta Sin^2\phi r_0+\vartheta_0+\phi_0$. Здесь $\left(r_0;\vartheta_0;\phi_0\right)$ – единичные орты. Определить дивергенцию указанного поля в точке $\left(r=1;\vartheta=\frac{\pi}{4};\phi=\frac{\pi}{4}\right)$ как некоторое число.

Задача 29

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U=x^3y^5z^2$. Определить дивергенцию от градиента этого поля для точки с координатами $\left(x=1;y=1;z=2\right)$.

Задача 30.

Скалярное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $U=r^2Sin^3\phi+z^5$. Определить дивергенцию от градиента этого поля в точке $\left(r=2;\phi=\frac{\pi}{4};z=1\right)$ как некоторое число.

Задача 21

Скалярное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $U=r^2Sin^3\phi+z^5$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r=2;\phi=\frac{\pi}{4};z=1\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 21

Скалярное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $U=r^2Sin^2\phi+z^5r^3Cos\phi$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r=1;\phi=\frac{\pi}{2};z=2\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 22

Скалярное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U=r^2Sin^3\vartheta+rCos^2\vartheta Sin\phi$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r=2;\vartheta=\frac{\pi}{4};\phi=\frac{\pi}{6}\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 23

Скалярное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U = 2r^2 Sin^4\vartheta Sin^2\phi + Cos^2\vartheta Sin\phi$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r = 2; \vartheta = \dfrac{\pi}{6}; \phi = \dfrac{\pi}{3} \right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

№ 6. Тема: «Вывод уравнений колебания струны и теплопроводности, уравнение для потенциалов электромагнитного поля, уравнения для свободных электрического и магнитного полей»

(2 часа – лк).

Задание: Ответы на вопросы по теме.

Письменное задание (ответы на вопросы).

1 уровень.

20. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.
21. Основные уравнения математической физики. Граничные и начальные условия.
22. Обоснование некоторых уравнений математической физики

2 уровень.

23. Уравнение колебаний струны, уравнение теплопроводности, уравнения для свободных электрических и магнитных полей, уравнения для потенциалов электромагнитного поля.
24. Методы решения уравнений в частных производных. Метод разделения переменных.

3 уровень.

27. Метод Фурье для уравнения теплопроводности.
28. Разложение функций в ряд Фурье и интеграл Фурье.
29. Интеграл Фурье. Преобразование Фурье. Дельта-функция Дирака.
30. Метод функции Грина.
31. Функция Грина для уравнения теплопроводности и уравнения Пуассона.

ЗАДАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

№ п/п	Название темы, раздела	Кол-во часов на СРС	Задание	Форма выполнения
1	2	3	4	5
		50		
1				
1.1	Скалярное поле. Поверхности уровня, линии уровня Производная по направлению. Градиент скалярного поля, его физический смысл. Векторное поле и линии поля. Поток через поверхность	2	[2] 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 Составление схемы представления скалярного поля и поверхностей уровня в декартовой системе координат	Письменный отчет и устная защита.
1.2	Основные формулы и операции вектор ной алгебры в декартовой системе. Понятия дивергенции, ротора для векторного поля	4	[2] 1.2, [8] 2–4 Графическое описание дифференциальных операций на скалярном поле в ортогональной системе координат	Письменный отчет и устная защита.
1.3	Параметры векторного поля в представлении операций дивергенции на примере единичного заряда в электро- и магнито- статике	2	[2] 110, 114, 117 Построение алгоритма формирования векторного поля на основе скалярного при дифференцировании	Письменный отчет и устная защита.
1.4	Закон электромагнитной индукции в представлении циркуляции и ротора век торного поля	2	[8] 143–148 Интегральное и дифференциальное отображение быстроты изменения магнитного потока для вихревого поля	Письменный отчет и устная защита.
1.5	Оператор Гамильтона набла. Дифферен циальные операции первого и второго порядка. Оператор Лапласа	2	[2] 1.6, 1.7, 4.1, 4.2 Представление градиента скалярного поля на примере потенциала электростатического поля в формализме оператора Гамильтона	Письменный отчет и устная защита.
1.6	Дифференцирования скалярных и векторных полей в представлении оператора Гамильтона и оператора Лапласа	2	[7] 114, 115 Отображение лифференциального векторного оператора в формализме скалярного проихведения при действии на скалярное поле	Письменный отчет и устная защита.
1.7	Классификация векторных полей и понятие потенциала на примере векторного электромагнитного поля. Скалярный, векторный потенциал. Гармонические	2	[2] 1.7, 3, 4.1–4.5 Установление характера действия дифференциального оператора как векторной величины на векторное поле	Письменный отчет и устная защита.

	функции			
1.8	Элементы теории поля в криволинейных координатах. Виды криволинейных ортогональных систем, их связь с декартовой, метрические коэффициенты	4	[2] 2.1–2.3, 4.8, 1–9 Формирование принципов привлечения системы координат по типу симметрии рассчитываемого объекта	Письменный отчет и устная защита.
1.9	Полярная, цилиндрическая и сферическая системы координат в задачах соответствующей симметрии. Расчет коэффициентов Ламе и дифференцирование в сферических и цилиндрических координатах	4	[2] 2.1–2.3, 4.8, 1–9 Рассчитать метрические коэффициенты для типичных криволинейных систем ортогонального типа	Письменный отчет и устная защита.
1.10	Дифференциальные операции на сфере и цилиндре	4	[2] 3.1, 3.2 [1] гл. II. 1 Получить характерные выражения для оператора Гамильтона в скалярном цилиндрическом поле	Письменный отчет и устная защита.
1.11	Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка. Основные уравнения математической физики. Граничные и начальные условия	4	[1] гл. IV. 1, 2 [2] 3.3, [3] гл. 1 По виду уравнений в частных производных установить тип и вид интегралов движения	Письменный отчет и устная защита.
1.12	Вывод уравнений колебания струны и теплопроводности, уравнение для потенциалов электромагнитного поля, уравнения для свободных электрического и магнитного полей	4	[1] гл. IV. 1, 2 [2] 3.3, [3] гл. 1, Сформулировать условия движения струны на основном и первом тоне	Письменный отчет и устная защита.
1.13	Метод разделения переменных. Свободные колебания струны	2	[1] гл. IV. 1, 2 [2] 3.3, [4] гл. 1 Представить схему описания движения струны как набора материальных точек, связанных квазиупругого	Письменный отчет и устная защита.
1.14	Метод Фурье при решении дифференциальных уравнений	2	[1] гл.X. 1 [2] 4.1 Расшифровать суть разделения переменных в виде произведения искомых функций для эллиптической задачи	Письменный отчет и устная защита.
1.15	Эрмитовские операторы. Собственные значения и собственные функции	2	[2] 4.8 Уяснить смысл операторных действий и роль операторов Эрмита в задачах математической физики	Письменный отчет и устная защита.

1.16	Решение уравнения Шредингера для частицы, движущейся в прямоугольной потенциальной яме и в центральном силовом поле	2	[2] 4.2, 4.3 Отобразить принцип разделения переменных для частицы в потенциальной одномерной яме с бесконечно высокими стенками	Письменный отчет и устная защита.
1.17	Интеграл Фурье. Преобразование Фурье. Дельта-функция Дирака	2	[1] гл.X. 5 [2] 4.6, 4.7 Показать геометрически свойства дельта-функции Дирака и ее роль при нормировке волновой функции	Письменный отчет и устная защита.
	Самосогласованные операторы и ортонормированная совокупность функций. Математический аппарат квантовой механики	2	[2] 4.2–4.5 Описать свойства квантовой частицы в представлении ортогональных и нормированных функции на примере частицы потенциальной яме	Письменный отчет и устная защита.
	Метод функций Грина	2	[2] 6.4 Отобразить процедуру построения функции Грина для неоднородной задачи по исходному дифференциальному уравнению	Письменный отчет и устная защита.

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере полярной системы. Отобразить процедуру вычисления площади круга с применением декартовой и полярной систем координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 2

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере полярной системы. Отобразить процедуру вычисления длины окружности с применением декартовой и полярной систем координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 3

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере цилиндрической системы. Отобразить процедуру вычисления объема цилиндра в декартовой и цилиндрической системах координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 4

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере цилиндрической системы. Отобразить процедуру вычисления площади поверхности цилиндра в декартовой и цилиндрической системах координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 5

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере сферической системы. Отобразить процедуру вычисления площади поверхности шара в декартовой и сферической системах координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 6

Ортогональные декартова и криволинейные системы координат на примере сферической системы. Отобразить процедуру вычисления объема шара в декартовой и сферической системах координат. Показать преимущества криволинейной перед прямоугольной.

Задача 7

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U = x^2 + y^3$. Определить производную этого поля вдоль направления, заданного единичным вектором $l_0 = 5i + 3j + \sqrt{2}k$ в точке с координатами $(x = 4; y = 5; z = 6)$.

Задача 8

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U = x^3 + y^5 + z^2$. Определить производную этого поля вдоль направления, заданного единичным вектором $l_0 = 3x^2 i + 3y^3 j + \sqrt{7}z^4 k$ в точке с координатами $(x = 1; y = 2; z = 3)$.

Задача 9

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U = x^3 y^5 z^2$. Определить производную этого поля вдоль направления, заданного единичным вектором l_0 у которого направляющие косинусы имеют значения $Cos\alpha = \frac{1}{4}$ $Cos\beta = \frac{3}{4}$ для точки с координатами $(x = 1; y = 1; z = 2)$.

Задача 10

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U = xy^2 + z^2$. Определить производную этого поля вдоль направления, заданного единичным вектором l_0 у которого направляющие косинусы имеют значения $Cos\alpha = \frac{1}{2}$ $Cos\beta = \frac{1}{2}$ для точки с координатами $(x = 2; y = 2; z = 2)$.

Задача 11

Векторное поле задано в декартовой системе функцией $F(x, y, z) = 10x^3 i + 10y^3 j + 10z^3 k$ Применив теорему Остроградского, связывающую поток вектора через поверхность с объемным интегралом от дивергенции поля, и перейдя в сферическую систему координат определить поток векторного поля через внешнюю сторону поверхности $x^2 + y^2 + z^2 = R^2$.

Задача 12

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x, y, z) = 10x^3 i + 10y^3 j + 16x^2 y^3 zk$. Определить дивергенцию этого поля в точке $(x = 2; y = 2; z = 2)$.

Задача 13

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=2x^3i+2y^3j+2z^3k$ Применив теорему Остроградского, связывающую поток вектора через поверхность с объемным интегралом от дивергенции поля, и перейдя в сферическую систему координат определить поток векторного поля через внешнюю сторону поверхности $x^2+y^2+z^2=R^2$.

Задача 14

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=10x^3y^2zi+\left(5x+6y^2z\right)j+16x^2y^3zk$. Определить дивергенцию этого поля в точке $\left(x=2;y=2;z=2\right)$.

Задача 15

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U\left(x,y,z\right)$ где $U\left(x,y,z\right)=x^2+y^3+2xy^2z^3$. Определить градиент этого поля, как вектор, направляющие косинусы градиента, величину градиента поля в точке $\left(x=1;y=1;z=3\right)$.

Задача 16

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U\left(x,y,z\right)$ где $U\left(x,y,z\right)=2x^2y+xy^3z^2+4x^3y^4z^2$. Определить градиент этого поля, как вектор, направляющие косинусы градиента, величину градиента поля в точке $\left(x=1;y=2;z=2\right)$.

Задача 17

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=\left(2x^4+y^2+yz^3\right)i+\left(4x+2xyz^2\right)j+2z^3k$ Определить дивергенцию и ротор этого поля в точке $\left(x=1;y=2;z=2\right)$.

Задача 18

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x,y,z)=\left(2x^4+y^3+2yz^3\right)^2i+\left(4x+6xy^2z^2\right)j+2z^3k$ Определить ротор этого поля в точке $\left(x=1;y=2;z=3\right)$.

Задача 19

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U(x,y,z)$ где $U(x,y,z)=x+y+2z$. Определить вид поверхности уровня данного поля, проходящую через точку $(x=1;y=1;z=3)$.

Задача 20

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U(x,y,z)$ где $U=x+y+2z+4$. Определить вид поверхности уровня данного поля, проходящую через точку $(x=1;y=1;z=3)$.

Задача 21

Скалярное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $U=r^2Sin^3\phi+z^5$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r=2;\phi=\dfrac{\pi}{4};z=1\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 21

Скалярное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $U=r^2Sin^2\phi+z^5r^3Cos\phi$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r=1;\phi=\dfrac{\pi}{2};z=2\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 22

Скалярное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U=r^2Sin^3\vartheta+rCos^2\vartheta Sin\phi$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r=2;\vartheta=\dfrac{\pi}{4};\phi=\dfrac{\pi}{6}\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 23

Скалярное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U=2r^2Sin^4\vartheta Sin^2\phi+Cos^2\vartheta Sin\phi$. Определить градиент указанного поля в точке $\left(r=2;\vartheta=\dfrac{\pi}{6};\phi=\dfrac{\pi}{3}\right)$ как вектор и величину градиента поля в этой точке.

Задача 24

Векторное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U=2r^2Sin^4\vartheta Sin^2\phi r_0+Cos^2\vartheta Sin\phi\vartheta_0+r^2Sin\phi\phi_0$. Здесь $(r_0;\vartheta_0;\phi_0)$ – единичные орты. Определить дивергенцию указанного поля в точке $\left(r=2; \vartheta=\frac{\pi}{6}; \phi=\frac{\pi}{3}\right)$ как некоторое число.

Задача 25

Векторное поле задано в сферической системе координат в виде функции $U=2r^2 Sin^4\vartheta Sin^2\phi r_0+Cos^2\vartheta Sin\phi \vartheta_0+r^2 Sin\phi \phi_0$. Здесь $(r_0;\vartheta_0;\phi_0)$ – единичные орты. Определить ротор указанного поля в точке $\left(r=1; \vartheta=\frac{\pi}{4}; \phi=\frac{\pi}{4}\right)$ как некоторый вектор сферической системы координат.

Задача 26

Векторное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $F=r^2 Sin^3\phi r_0+rz^5 Cos\phi \phi_0+rzz_0$. Здесь $(r_0;\phi_0;z_0)$ – единичные орты системы координат. Определить дивергенцию указанного поля в точке $\left(r=2; \phi=\frac{\pi}{4}; z=1\right)$ как некоторое число.

Задача 27

Векторное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $F=r^2 Sin^3\phi r_0+rz^5 Cos\phi \phi_0+rzz_0$. Здесь $(r_0;\phi_0;z_0)$ – единичные орты системы координат. Определить ротор указанного поля в точке $\left(r=2; \phi=\frac{\pi}{4}; z=1\right)$ как некоторое число.

Задача 28

Векторное поле задано в сферической системе координат в виде функции $F=2r^2 Sin^4\vartheta Sin^2\phi r_0+\vartheta_0+\phi_0$. Здесь $(r_0;\vartheta_0;\phi_0)$ – единичные орты. Определить дивергенцию указанного поля в точке $\left(r=1; \vartheta=\frac{\pi}{4}; \phi=\frac{\pi}{4}\right)$ как некоторое число.

Задача 29

Скалярное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $U=x^3 y^5 z^2$. Определить дивергенцию от градиента этого поля для точки с координатами $(x=1; y=1; z=2)$.

Задача 30

Скалярное поле задано в цилиндрической системе координат в виде функции $U = r^2 Sin^3\phi + z^5$. Определить дивергенцию от градиента этого поля в точке $\left(r = 2; \phi = \dfrac{\pi}{4}; z = 1\right)$ как некоторое число.

Задача 31

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x, y, z) = \left(2x^4 + y^2 + yz^3\right)i + \left(4x + 2xyz^2\right)j + 2z^3k$. Определить градиент от дивергенции этого поля в точке $\left(x = 1; y = 1; z = 2\right)$ как некоторый вектор в декартовой системе координат.

Задача 32

Векторное поле задано в декартовой системе координат в виде функции $F(x, y, z) = 10x^3y^2zi + \left(5x + 6y^2z\right)j + 16x^2y^3zk$. Определить градиент от дивергенции этого поля в точке $\left(x = 1; y = 1; z = 2\right)$ как некоторый вектор в декартовой системе координат.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Для оценки достижений и уровня знаний студента при изучении дисциплины целесообразно применить комплексный инструментарий, который включает:

– контроль выполнения внеаудиторных заданий;
– отчеты о самостоятельной работе;
– написание физических диктантов по блоку тем;
– контроль ведения рабочих тетрадей;
– выборочный отчет по внеаудиторным заданиям;
– устный экспресс контроль по блоку тем;
– устное собеседование, коллоквиум;
– блиц-опрос по рассмотренной теме;
– отчет о выполнении заданий самостоятельного цикла;
– контроль выполнения самостоятельной работы по темам;
– зачетное занятие с учетом результатов рейтинг-листа, составленного по данным прохождения дисциплины в семестре.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Математический анализ 2. Алгебра и геометрия	Кафедра математики и методики преподавания математики	Выделение значимости математических методов для формализации физических явлений на типичных проблемах по разделам и темам учебных программ по дисциплинам «Алгебра и геометрия», «Математический анализ», «Алгебра». Аргументировать преимущества применения функции комплексного переменного для описания физических явлений, в частности, колебательного движения при диссипации энергии.	Акцентировать внимание на операциях со скалярными и векторными полями, на формулах Эйлера и их применению при представлении тригонометрических функций. Протокол № 10 от 28.05.2019 г.