

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Политехнический институт
Факультет приборостроения, информационных технологий и электроники



«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ПИ
Д. В. Артамонов
08 октября 2014г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ФТД.1.2

Направление подготовки: 03.06.01 — «Физика и астрономия»

Направленность (профиль) Физика полупроводников

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения: **очная**

Пенза – 2014

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению 03.06.01 — «Физика и астрономия» подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Программу составил:

Грунин А. Б., д. ф.-м. н., профессор



Программа обсуждена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 1.1 от « 1 » октября 2014 года

Зав. кафедрой



Семенов М. Б.

Программа согласована с деканом факультета ФПИТЭ

Декан факультета



Кревчик В. Д.

Программа одобрена методической комиссией факультета ФПИТЭ

Протокол № 1 от « 1 » октября 2014 года

Председатель методической комиссии факультета ФПИТЭ



Задера А. В.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры - разработчика программы.

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в системе подготовки аспиранта, требования к уровню освоения содержания дисциплины

1.1. Цели и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины – обучение основным методам решения уравнений математической физики и использованию их в качестве основного аппарата при математическом моделировании физических процессов.

Задачи дисциплины:

- изучить основные методы нахождения точных решений уравнений математической физики: уравнения Лапласа, волнового уравнения и уравнения теплопроводности;
- изучить основные методы доказательства существования решений начально-краевых задач для указанных уравнений;
- познакомиться с приближенными методами решения указанных уравнений и научиться применять уравнения математической физики для моделирования различных физических процессов и явлений;
- освоение компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО, подготовка к сдаче экзамена кандидатского минимума.

1.2. Место дисциплины в структуре ООП аспиранта

Дисциплина «Специальные функции» относится к модулю «Факультативы» учебного плана ООП по направлению подготовки 03.06.01. – Физика и астрономия, профилю – Физика полупроводников.

Научно-исследовательская работа аспиранта осуществляется в каждом семестре всего периода обучения.

1.3.Связь с предшествующими и последующими дисциплинами

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по курсам «Методы и средства информатики и вычислительной техники в современных научных исследованиях», «Основы полупроводниковой наноэлектроники», «Физические основы оптики полупроводниковых наноструктур». Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, могут быть применены при подготовке и написании диссертации по специальности – Физика полупроводников.

2. Компетенции аспиранта, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-6	Способность использовать в теоретических и экспериментальных исследованиях достижения современной квантовой теории, а также разрабатывать и применять современные перспективные приборы наноэлектроники и фотоники	Знать: основные определения и методы точного и приближенного решения дифференциальных и интегральных уравнений.
		Уметь: выбирать или строить модель объекта, явления или процесса в терминах математической физики
		Владеть: навыками работы с современными языками программирования, прикладными математическими программами.
ПК-7	Способность свободно владеть фундаментальными разделами квантовой физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач.	Знать: основные виды специальных функций, определения и их основные свойства.
		Уметь: использовать определения, свойства, различные представления специальных функций для решения научно-исследовательских задач.
		Владеть: современными методами аппроксимации и приближенного вычисления значений специальных функций и интегралов, содержащих специальные функции.
ПК-8	Способность использовать знания современной квантовой теории для решения прикладных задач физики низкоразмерных систем	Знать: физическую сущность математических моделей, применяемых для низкоразмерных систем, для их адекватного описания с помощью специальных функций.
		Уметь: применять свойства и соотношения между специальными функциями для математического моделирования новых материалов и явлений в низкоразмерных системах.
		Владеть: основными современными методами решения математических задач в физике низкоразмерных систем.

Структура и содержание дисциплины «Специальные функции»

3.1. Структура дисциплины «Специальные функции»

Общая трудоемкость дисциплины 2 зачетные единицы, 72 часа, в т.ч. 54 часа на подготовку к экзамену.

№ п / п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (неделя)	
				Аудиторная работа			Самостоятел ьная Работа				
				Всего	Лекция	Практичес кие занятия	Всего	Подготовка к семинару	Подготовка к зачету		Оценка работы на семинаре
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Раздел 1. Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных.										
	Тема 1.1 Уравнения колебаний. Граничные и начальные условия.	7	1-2	2	2		6		6		2
	Раздел 2 Классификация уравнений в частных производных второго порядка.										
	Тема 2.1. Уравнения гиперболического типа	7	3-4	2	2		6		6		4
	Тема 2.2. Уравнения параболического типа.	7	5-6	2	2		6		6		6
	Тема 2.3 Уравнения эллиптического типа.	7	7-8	2	2		6		6		8
	Тема 2.4 Классификация задач математической физики.	7	9-10	2	2		6		6		10
	Раздел 3. Специальные функции математической физики.										
	Тема 3.1. Классические ортогональные многочлены.		11-12	2	2		6		6		12
	Тема 3.2. Сферические функции.	7	13-14	2	2		6		6		14
	Тема 3.3. Цилиндрические функции.	7	15-16	2	2		6		6		16
	Тема 3.4.	7	17-	2	2		6		6		17

Гипергеометрические функции.		18							
Общая трудоемкость, в часах			18	18	–	54	–	54	Пром. аттест.
									Форма
									Зач
									Экз

3.2. Содержание дисциплины (Специальные функции)

Раздел 1. Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных

Тема 1.1. Уравнения колебаний. Граничные и начальные условия.

Уравнение малых поперечных колебаний струны. Уравнение продольных колебаний ступеней и струн. Энергия колебаний струны. Поперечные колебания мембраны. Уравнения для напряженности электрического и магнитного поля в вакууме. Граничные и начальные условия. Редукция общей задачи. Постановка краевых задач для случая многих переменных.

Раздел 2. Классификация уравнений в частных производных второго порядка.

Тема 2.1. Уравнения гиперболического типа.

Метод распространяющихся волн. Формула Даламбера. Физическая интерпретация. Неоднородное уравнение. Устойчивость решения. Полуограниченная прямая и метод продолжений.

Метод разделения переменных. Уравнение свободных колебаний струны. Интерпретация решения. Неоднородные уравнения. Общая первая краевая задача. Краевые задачи со стационарными неоднородностями. Общая схема метода разделения переменных.

Тема 2.2 Уравнения параболического типа.

Простейшие задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Постановка краевых задач. Линейная задача о распространении тепла. Распространение тепла в пространстве. Постановка краевых задач. Функция источника для уравнения параболического типа. Неоднородное уравнение теплопроводности. Краевые задачи для полуограниченной прямой. Распространение тепла в ограниченном стержне.

Тема 2.3. Уравнения эллиптического типа.

Задачи, приводящие к уравнению Лапласа. Постановка краевых задач. Формулы Грина. Основные свойства гармонических функций. Решение краевых задач методом функций Грина. Свойство симметрии функции

Грина. Особенности функции Грина для двухмерного и трехмерного случая. Физическая интерпретация функции Грина. Метод электростатических изображений. Функция источника для полупространства, полуплоскости, для сферы и круга.

Тема 2.4. Классификация задач математической физики.

Задача Коши. Краевая задача для уравнений эллиптического типа. Смешанная задача. О единственности решения задач математической физики.

Раздел 3. Специальные функции математической физики.

Тема 3.1. Классические ортогональные многочлены.

Полиномы Якоби. Полиномы Лежандра. Полиномы Чебышёва-Эрмита. Полиномы Чебышёва-Лагерра. Производящая функция и полиномы Лежандра. Рекуррентные формулы. Уравнение Лежандра. Ортогональность полиномов Лежандра. Норма полиномов Лежандра. Нули полиномов Лежандра.

Полиномы Чебышёва-Эрмита. Дифференциальная формула. Рекуррентные формулы. Норма полиномов Чебышёва-Эрмита. Функции Чебышёва-Эрмита. Уравнение Чебышёва-Эрмита.

Полиномы Чебышёва-Лагерра. Дифференциальная формула. Рекуррентные формулы. Уравнение Чебышёва-Лагерра. Ортогональность и норма полиномов Чебышёва-Лагерра. Обобщенные полиномы Чебышёва-Лагерра.

Простейшие задачи для уравнения Шредингера. Уравнение Шредингера. Гармонический осциллятор. Ротатор. Движение электрона в кулоновском поле.

Тема 3.2. Сферические функции.

Присоединенные функции Лежандра. Норма присоединенных функций. Сферические функции, сферические гармоники, шаровые функции. Ортогональность системы сферических функций.

Тема 3.3. Цилиндрические функции.

Цилиндрические функции. Уравнение Бесселя. Степенные ряды. Функции Бесселя 1-го рода ν -го порядка. Рекуррентные формулы. Функции полуцелого порядка. Асимптотический порядок цилиндрических функций. Краевые задачи для уравнения Бесселя. Функции Ганкеля и Неймана. Функции мнимого аргумента. Функция Макдональда.

Тема 3.4. Гипергеометрические функции.

Уравнение гипергеометрического типа и его решение. Основные свойства функций гипергеометрического типа. Рекуррентные соотношения. Разложения в степенные ряды. Функциональные соотношения и асимптотические представления. Представления различных функций через функции гипергеометрического типа. Некоторые элементарные функции. Полиномы Якоби, Лагерра и Эрмита. Функции второго рода. Цилиндрические функции.

3.3. Особенности организации изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Организация изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

1. ст.79, 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»
2. Раздел IV, п.п. 46-51 приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»

3. Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А.Климовым от 08.04.2014 г. № АК-44/05 вн)

4. Образовательные технологии

В ходе освоения дисциплины «Специальные функции» при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии:

1. Технология развития критического мышления реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

1.1. *Проблемные лекции*, которые предполагают диалоговый тип лекционного преподавания, предметом которого выступает вводимый лектором материал и система познавательных задач, отражающих основное содержание темы. В виде проблемных лекций реализуется темы 2.1 -2.4, 3.1 - 3.4.

1.2. *Семинары-круглые столы*, в ходе которых происходит групповое обсуждение аспирантами учебной проблемы под руководством преподавателя. В ходе проведения круглого стола аспиранты приобретают навыки устного изложения заранее подготовленного материала, умение выслушивать коллег-сокурсников, делать заключения. В виде семинаров-круглых столов реализуются темы 1.1, 2.3, 2.4,3.1.

1.3. *Семинары-дискуссии*, в ходе которых обсуждается проблемная ситуация, поставленная преподавателем, а аспиранты защищают различные точки зрения на поставленную проблему. В ходе проведения дискуссии аспиранты приобретают умение излагать и аргументировано отстаивать точку зрения, обоснованно критиковать оппонентов, сопоставлять различные подходы к решению проблемной ситуации, делать выводы. В виде семинаров-дискуссий реализуются темы 2.1, 2.2, 3.2.

2. Медиатехнология реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

2.1. *Проблемные лекции*, в ходе которых используются презентации, видео-фрагменты, изображающие физические модели, основные этапы

вычислений, графическое представление результатов исследований. В виде проблемных лекций с использованием медиатехнологий реализуется темы 2.1 -2.4, 3.1 - 3.4.

2.2. *Семинары-круглые столы*, в ходе которых аспиранты делают краткие сообщения по рассматриваемой проблематике с использованием презентации. В результате использования этой технологии аспиранты учатся лаконично и четко представлять информацию в аудитории. В виде семинаров-круглых столов с использованием медиатехнологий реализуются темы 2.1,2.4, 3.1, 3.3, 3.4.

При организации **самостоятельной работы** используются следующие технологии:

1. Технология систематизации имеющейся информации (работа с конспектом лекции для подготовки к экзамену; темы 1.1 – 3.4)

2. Технология поиска и сбора новой информации (работа на компьютере с целью поиска информации в базах данных, работа с учебной, справочной и научной литературой с целью подготовки к семинарам: темы 1.1 – 3.4);

3. Технология анализа и представления новой информации (работа по подготовке устных сообщений на семинарах-круглых столах (темы 1.1, 2.3, 2.4,3.1), по подготовке для выступлений презентациями на семинарах-дискуссиях (темы 2.1, 2.2, 3.2), по подготовке к экзамену).

В целях реализации индивидуального подхода к обучению аспирантов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы с аспирантами, в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

5.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:

Виды самостоятельной работы по темам: темы 1.1. - 3.4
Подготовка к семинару-круглому столу (4 часа). Подготовка к экзамену (4 часа).

5.2. Контрольные работы и промежуточное тестирование

Не предусмотрены.

5.3. Поддержка самостоятельной работы:

Литература и источники для обязательного прочтения. Регулярные консультации. Интернет-ресурсы: математические и физические справочники и базы данных.

5.4. Тематика рефератов

Не предусмотрены.

5.5. Промежуточный контроль

Вопросы к зачету:

1. Задачи математической. физики. Понятие математической модели. Корректность задачи по Адамару.
2. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных. Характеристическое уравнение.
3. Канонический вид гиперболического уравнения. Приведение уравнения гиперболического типа к каноническому виду.
4. Канонический вид параболического уравнения. Приведение уравнения параболического типа к каноническому виду.
5. Канонический вид эллиптического уравнения. Приведение уравнения эллиптического типа к каноническому виду.
6. Вывод уравнения гиперболического типа. Физические процессы, описываемые гиперболическими уравнениями.
7. Начально-краевые задачи для уравнений в частных производных. Типы граничных и начальных условий.
8. Задача Коши для одномерного однородного уравнения колебания струны. Формула Даламбера. Физический смысл решения.
9. Задача Коши для двумерного однородного волнового уравнения. Метод спуска и формула Пуассона.
10. Задача Коши для трехмерного однородного волнового уравнения. Формула Кирхгофа. Принцип Гюйгенса.
11. Краевая задача для однородного уравнения колебания струны с однородными граничными условиями на отрезке. Решение данной задачи методом разделения переменных.
12. Краевая задача для двумерного однородного волнового уравнения с однородными граничными условиями в прямоугольнике. Решение данной задачи методом разделения переменных.
13. Краевая задача для двумерного однородного волнового уравнения с однородными граничными условиями первого рода в круге. Решение данной задачи методом разделения переменных.
14. Вывод уравнения параболического типа. Физические процессы, описываемые параболическими уравнениями.
15. Задача Коши для одномерного однородного уравнения теплопроводности. Формула Пуассона.
16. Краевая задача для однородного уравнения теплопроводности на отрезке. Решение данной задачи методом разделения переменных.
17. Принцип максимума для однородного уравнения теплопроводности. Единственность решения краевой задачи для данного уравнения.
18. Вывод уравнения эллиптического типа. Физические процессы, описываемые эллиптическими уравнениями.

19. Оператор Лапласа в декартовой, цилиндрической и сферической системе координат. Фундаментальные решения уравнения Лапласа на плоскости и в пространстве.
20. Интегральная формула Грина.
21. Объемный потенциал. Свойства объемного потенциала.
22. Гармонические функции. Свойства гармонических функций.
23. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа внутри круга.
24. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа вне круга.
25. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в кольце.
26. Понятие проекционных методов. Метод Ритца.
27. Понятие проекционных методов. Метод Бубнова-Галеркина.
28. Обобщенное решение краевой задачи для уравнения эллиптического типа.
29. Обобщенное решение начально-краевой задачи для уравнения параболического типа.
30. Обобщенное решение начально-краевой задачи для уравнения гиперболического типа.
31. Задача Коши. Краевая задача для уравнений эллиптического типа. Смешанная задача. О единственности решения задач математической физики.
32. Полиномы Якоби. Полиномы Лежандра. Полиномы Чебышёва-Эрмита. Полиномы Чебышёва-Лагерра. Производящая функция и полиномы Лежандра. Рекуррентные формулы. Уравнение Лежандра. Ортогональность полиномов Лежандра. Норма полиномов Лежандра. Нули полиномов Лежандра.
33. Полиномы Чебышёва-Эрмита. Дифференциальная формула. Рекуррентные формулы. Норма полиномов Чебышёва-Эрмита. Функции Чебышёва-Эрмита. Уравнение Чебышёва-Эрмита.
34. Полиномы Чебышёва-Лагерра. Дифференциальная формула. Рекуррентные формулы. Уравнение Чебышёва-Лагерра. Ортогональность и норма полиномов Чебышёва-Лагерра. Обобщенные полиномы Чебышёва-Лагерра.
35. Простейшие задачи для уравнения Шредингера. Уравнение Шредингера. Гармонический осциллятор. Ротатор. Движение электрона в кулоновском поле.
36. Присоединенные функции Лежандра. Норма присоединенных функций. Сферические функции, сферические гармоники, шаровые функции. Ортогональность системы сферических функций.
37. Цилиндрические функции. Уравнение Бесселя. Степенные ряды. Функции Бесселя 1-го рода ν -го порядка. Рекуррентные формулы. Функции полуцелого порядка.
38. Асимптотический порядок цилиндрических функций. Краевые задачи для уравнения Бесселя.
39. Функции Ганкеля и Неймана. Функции мнимого аргумента. Функция Макдональда.

40. Уравнение гипергеометрического типа и его решение. Основные свойства функций гипергеометрического типа. Рекуррентные соотношения. Разложения в степенные ряды.
41. Функции гипергеометрического типа. Функциональные соотношения и асимптотические представления.
42. Представления различных функций через функции гипергеометрического типа. Некоторые элементарные функции. Полиномы Якоби, Лагерра и Эрмита.
43. Функции второго рода. Цилиндрические функции.

6. Рекомендуемая литература

6.1. Основная литература

1. Деревич И. В. Практикум по уравнениям математической физики: учеб. пособие / И.В. Деревич. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 428 с. <https://e.lanbook.com/book/95131>
2. Емельянов В. М. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач: учеб. пособие / В.М. Емельянов, Е.А. Рыбакина. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 216 с. <https://e.lanbook.com/book/71748>
3. Краснопевцев Е. А. Математические методы физики. Ортонормированные базисы функций: учеб. пособие / Е.А. Краснопевцев. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 376 с. <https://e.lanbook.com/book/93696>
4. Многоликий хаос: монография / Е.Ф. Мищенко и др. — Москва: Физматлит, 2012. — 429 с. <https://e.lanbook.com/book/48302>
5. Полянин А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики: справ. — Москва : Физматлит, 2007. — 592 с. <https://e.lanbook.com/book/48190>
6. Фортон В.Е. Уравнения состояния вещества от идеального газа до кварк-глюонной плазмы: монография — Москва : Физматлит, 2012. — 492 с. <https://e.lanbook.com/book/48291>
7. Агранович М.С. Обобщенные функции: учеб. пособие — Москва: МЦНМО, 2008. — 128 с. <https://e.lanbook.com/book/9275>
8. Будак, Б.М. Сборник задач по математической физике: учеб. пособие / Б.М. Будак, А.А. Самарский, А.Н. Тихонов. — Москва : Физматлит, 2004. — 688 с. <https://e.lanbook.com/book/63669>
9. Владимиров В. С. Уравнения математической физики: учеб. / В.С. Владимиров, В.В. Жаринов. — Москва: Физматлит, 2000. — 400 с. <https://e.lanbook.com/book/2363>
10. Добрушин Р. Л. Избранные работы по математической физике: сб. науч. тр. — Москва: МЦНМО, 2007. — 720 с. — <https://e.lanbook.com/book/9332>
11. Зельдович Я. Б. Элементы математической физики. Среда из невзаимодействующих частиц / Я.Б. Зельдович, А.Д. Мышкис. — Москва: Физматлит, 2008. — 368 с. <https://e.lanbook.com/book/59463>

12. Лебедев М. О. Решение задач математической физики на Mathcad: практикум для вузов. Часть 1: учеб. пособие — Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. — 69 с. <https://e.lanbook.com/book/63691>
13. Левитов Л. С. Функции Грина. Задачи и решения: учеб. пособие / Л.С. Левитов, А.В. Шитов. — Москва: МЦНМО, 2016. — 401 с. <https://e.lanbook.com/book/71855>
14. Полянин А. Д. Справочник. Нелинейные уравнения математической физики (точные решения): справ. / А.Д. Полянин, В.Ф. Зайцев. — Москва: Физматлит, 2002. — 475 с. <https://e.lanbook.com/book/2382>
15. Полянин А. Д. Методы решения нелинейных уравнений математической физики и механики: учеб. пособие / А.Д. Полянин, В.Ф. Зайцев, А.И. Журов. — Москва: Физматлит, 2009. — 256 с. <https://e.lanbook.com/book/59377>
16. Линейные и нелинейные уравнения соболевского типа / А.Г. Свешников и др. — Москва: Физматлит, 2007. — 736 с. <https://e.lanbook.com/book/59457>

6.2 Дополнительная литература

- 1 Многоликий хаос: монография / Е.Ф. Мищенко и др. — Москва: Физматлит, 2012. — 429 с. <https://e.lanbook.com/book/48302>
- 2 Полянин А. Д. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики: справ. / А.Д. Полянин, В.Ф. Зайцев. — Москва: Физматлит, 2008. — 688 с. <https://e.lanbook.com/book/59464>
- 3 Сборник задач по уравнениям математической физики: учеб. пособие / А.А. Вашарин и др. — Москва: Физматлит, 2003. — 288 с. <https://e.lanbook.com/book/59314>
- 4 Лебедев М. О. Решение задач математической физики на Mathcad: практикум для вузов. Часть 1: учеб. пособие — Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. — 69 с. <https://e.lanbook.com/book/63691>

6.3 Интернет-ресурсы

Интернет-ресурсы образовательных порталов (механико-математический факультет, физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова и т. д.), пакеты прикладных математических программ.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Специальные функции»

Для освоения данной дисциплины необходимы:

- мультимедийные средства обучения (компьютер и проектор; ресурсы Интернета);
- электронные презентации по теме курса. Для подготовки материала к занятиям требуется программный пакет MS Office 2003 и выше, прикладные математические программы Mathcad 14, Mathematics 5.0, Maple 9.0 и выше.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год
и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			заменен- ных	новых	аннулиро- ванных
2015/16	пр. №1 2.09.15 <i>He</i>				
2016/17	пр. №1 9.09.16 <i>He</i>				
2017/18	пр. №1 14.09.17 <i>He</i>				