

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.Ф. ИОФФЕ РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК

(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной работе  
ФТИ им. А.Ф. Иоффе  
д.ф.-м.н. Лебедев С.В.

" 4 " 09 2017 г.

**Фонд оценочных средств дисциплины**  
**Численные методы в физике**  
**направление подготовки 03.06.01. Физика и астрономия**

направленности: 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия  
01.04.02 Теоретическая физика  
01.04.04 Физическая электроника  
01.04.07 Физика конденсированного состояния  
01.04.08 Физика плазмы  
01.04.10 Физика полупроводников

Квалификация (степень) выпускника Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения очная

Санкт-Петербург

2017 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### Разделы фонда оценочных средств

1. Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения дисциплины.
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций.
3. Оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации.

Фонд оценочных средств составлен в соответствии с требованиями ФГОС по направлениям подготовки 03.06.01. Физика и астрономия, направленности: 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия, 01.04.02 Теоретическая физика, 01.04.04. Физическая электроника, 01.04.07 Физика конденсированного состояния, 01.04.08 Физика плазмы, 01.04.10 Физика полупроводников.

Программа разработана:

Группой подготовки научных кадров  
Проф., д.ф.-м.н. А.П. Шергин



### 1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ, КОТОРЫМИ ДОЛЖНЫ ОВЛАДЕТЬ ОБУЧАЮЩИЕСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ООП ВО

Результатом изучения дисциплины Численные методы в физике является освоение выпускником следующих компетенций: УК-1, ОПК-1, ПК-6.

### 2. ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Для оценки результатов освоения программы дисциплины Численные методы в физике выделены следующие компетенции:

№	Код компетенции	Показатели	Элемент оценочного средства	Уровни сформированности компетенций			
				Не сформирована (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
<b>Универсальные компетенции</b>							
1.	УК-1- Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<i>Знать:</i> методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях <i>Уметь:</i> анализировать альтернативные	Зачет	Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии	Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не систематическое и требуют дальнейшего развития	Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуется контроль за их развитием. Необходимы указания на ошибки, способен самостоятельно их устранить	Навыки, умения, знания достаточно высоко развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач в различных условиях. Творческий подход к поставленной задаче

	арных областях	варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов <i>Владеть:</i> навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях					
--	----------------	--	--	--	--	--	--

**Общепрофессиональные компетенции**

2.	ОПК-1 – способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационных технологий	<i>Знать:</i> методики анализа современных проблем в области физики и астрономии, способы и методы решения теоретических и экспериментальных задач <i>Уметь:</i> критически анализировать проблемы в области физики и астрономии, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических и экспериментальных задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности <i>Владеть:</i> адекватными способами и методами решения	Зачет	Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии	Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не систематическое и требуют дальнейшего развития	Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуется контроль за их развитием. Необходимо указание на ошибки, способен самостоятельно их устранить	Навыки, умения, знания достаточно высоко развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач в различных условиях. Творческий подход к поставленной задаче
----	--	--	-------	--	--	---	---

		теоретических и экспериментальных задач, способностью критически анализировать современные проблемы в области физики и астрономии, ставить задачи и разрабатывать программу исследования					
--	--	--	--	--	--	--	--

### Профессиональные компетенции

3.	ПК-6  Владение основами современных технологий считывания и обработки данных физического эксперимента	<p><i>Знать:</i> основные методы перехода от математической модели к численной, в т.ч. с неопределенностям и как данных, так и моделях, теоретические подходы при их рассмотрении</p> <p><i>Уметь:</i> поставить задачу численного решения конкретной проблемы</p> <p><i>Владеть:</i> навыками провести обработку результатов исследования, обеспечив правильную их интерпретацию и необходимую точность</p>	Зачет	Навыки, умения, знания отсутствуют или нуждаются в существенном развитии	Навыки, умения, знания соответствуют минимальным требованиям, но их проявление не систематическое и требуют дальнейшего развития	Навыки, умения, знания соответствуют основным требованиям, но требуется контроль за их развитием. Необходимы указания на ошибки, способен самостоятельно их устранить	Навыки, умения, знания достаточно высоко развиты. Самостоятельное и качественное решение поставленных задач в различных условиях. Творческий подход к поставленной задаче
----	---	--	-------	--	--	---	---

### 3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в виде зачета.

#### 3.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Текущий контроль проходит в виде консультаций с преподавателем, промежуточная аттестация - зачета.

Перечень контрольных вопросов для зачета

1. К какому этапу проверки численной методики можно отнести исследование по определению порядка аппроксимации численной схемы?

2. К какому этапу проверки численной методики можно отнести сравнение с экспериментальными данными?
3. К какому этапу проверки численной методики можно отнести сравнение с аналитическим решением?
4. Какому условию (условиям) должна удовлетворять математическая модель?
5. Для каких целей может быть сформулирована математическая модель, не соответствующая (частично или полностью) физической модели?
6. Для каких целей может проводиться редуцирование физической модели?
7. Чем отличаются термины «многомасштабность» и «многофизичность»?
8. В каких случаях численная модель даёт эффекты, не предсказываемые математической моделью?
9. Перечислите возможные причины расхождения результатов численного расчёта и физического эксперимента.
10. В каком случае каноническое определение относительной погрешности величины неприменимо?
11. Какие способы уменьшения неустранимой погрешности вы можете предложить?
12. Перечислите способы уменьшения погрешности аппроксимации.
13. Каким образом можно уменьшить вычислительную погрешность?
14. Для каких целей может применяться арифметика «длинных» чисел?
15. Какие операции над вещественными числами с плавающей точкой могут приводить к потере точности?
16. К каким результатам приведут следующие операции над вещественными числами с плавающей точкой (по стандарту IEEE):  $10/0$ ,  $-100/0$ .
17. К каким результатам приведут следующие операции над вещественными числами с плавающей точкой (по стандарту IEEE):  $0/0$ ,  $\sqrt{-2}$ .
18. Что может означать расходимость в процессе численного расчёта?
19. Какой метод нахождения корня уравнения  $f(x) = 0$  можно применять в случае, если функция  $f(x)$  непрерывна, но недифференцируема?
20. Какой метод нахождения корня уравнения  $f(x) = 0$  целесообразней в случае, если функция  $f(x)$  не задана аналитически?
21. Какой метод, из рассмотренных, имеет квадратичный порядок скорости сходимости?
22. До каких пор возможно уточнять корень уравнения численным методом?
23. Что необходимо сделать, прежде чем определить корень уравнения выбранным методом?
24. Какой метод однозначно неприменим для нахождения кратного корня?
25. Какие (численные) сложности возникают при решении систем алгебраических/трансцендентных уравнений методом Ньютона?
26. Какова скорость сходимости метода релаксации?
27. Для каких функций  $f(x)$  метод Ньютона может быть реализован без особых затруднений?
28. В каком случае метод половинного деления гарантированно сходится?
29. Матрица какого вида получается при дискретизации уравнения теплопроводности по методу конечных разностей?
30. В каких случаях может возникать плотная матрица?
31. В каком случае решение СЛАУ существует и единственно?
32. Матрица называется вырожденной, если ...
33. Что означает термин «матрица с диагональным преобладанием»?
34. Как называется матрица, для которой все элементы, расположенные ниже главной диагонали, равны 0?
35. Напишите определение симметричной матрицы.
36. Как называется матрица, каждый элемент которой также представляет собой матрицу?
37. Какой метод нахождения решения СЛАУ является наиболее вычислительно затратным?
38. Что означает «СЛАУ с сильно разреженной матрицей»?
39. Какие существуют критерии сходимости итерационных методов?

40. Какой из итерационных методов обладает свойством сглаживания невязки?
41. Для каких матриц методы Якоби и Гаусса-Зейделя гарантированно сходятся?
42. Какие основные операции с векторами и матрицами необходимо производить при реализации методов Крыловского типа?
43. Назовите один из наиболее быстрых итерационных методов нахождения решения СЛАУ с симметричной матрицей.
44. Для чего необходимо предобуславливание СЛАУ?
45. Назовите простейшие предобуславливатели, не требующие предварительной подготовки для их нахождения.
46. В чём отличие неполного LU-разложения от полного?
47. Как растут вычислительные затраты при применении многосеточных методов с ростом числа ячеек (размерности вектора неизвестных)?
48. Какой метод в основном применяется для сглаживания высокочастотной составляющей поля невязок на разных сетках многосеточного алгоритма?
49. Какова основная идея многосеточного алгоритма?
50. Какие есть методы составления матрицы на грубом уровне многосеточного алгоритма?
51. Что такое V-цикл в многосеточном алгоритме?
52. Что такое «алгоритм агломерации»?
53. Произведение и деление в классической интервальной арифметике.
54. Типы интервалов. Таблица Кэли для классической интервальной арифметики
55. Особенности интервальной арифметики. Вычитание и деление объекта из себя и на себя.
56. Монотонность по включению
57. Связанные и несвязанные интервальные величины
58. Основная теорема интервальной арифметики. Дерево Канторовича
59. Характеристики интервалов и их свойства. Расширение (обинтерваливание) объекта
60. Пример недистрибутивности умножения относительно сложения
61. Свойства середины и радиуса интервала
62. Метрика и топология на множествах интервалов
63. Интервальная оболочка
64. Действия над интервальными матрицами. Свойства середины и радиуса при сложении и умножении
65. Нормы интервальных векторов и матриц
66. Сжимающие отображения. Теорема Шредера о неподвижной точке
67. Неособенные интервальные матрицы. Интервальный признак Адамара. Критерий Баумана.
68. Признаки неособенности Бека и Румпа. Матрицы Ноймаера
69. Сильно неособенные интервальные матрицы
70. Обратные интервальные матрицы. Пример  $2 \times 2$
71. Итерационный метод Шульца для обращения матриц
72. M-матрицы. Линейное уравнение межотраслевого баланса (уравнение Леонтьева)
73. Интервальные H-матрицы. Компаратант матрицы
74. Интервальное оценивание областей значений функций. Оптимальное интервальное расширение точечной функции
75. Качество внешнего интервального оценивания области значений функции - полиномы
76. Липшицевские оценки. Таблица
77. Центрированные формы интервальных оценивающих функций
78. Дифференциальная центрированная форма интервального расширения (оценка по Лагранжу)
79. Оценка по наклону. Соотношение оценки по наклону и дифференциальной центрированной формой интервального расширения
80. Нелинейные интервальные уравнения. Интервальный метод Ньютона. Интервальный оператор Ньютона
81. Случай нульсодержащего интервала для производной
82. Многомерный интервальный метод Ньютона - пример

83. Метод Кравчика. Оператор Кравчика на интервале
84. Метод Кравчика – пример. Пересечение кривых под углом
85. Случай близкий к касанию кривых. Сравнение методов Ньютона и Кравчика
86. Методы интервальной оптимизации.
87. Постановки интервальных задач. Множества решений интервальных задач.
88. Линейная задача о допусках.
89. Интервальная регуляризация неинтервальных СЛАУ.
90. Внешнее оценивание объединённого множества решений. Интервальный итерационный метод Гаусса-Зейделя
91. Итерационные методы. Предобуславливание. Метод Кравчика
92. Исследование разрешимости ИСЛАУ. Разрешающий функционал. Коррекция ИСЛАУ
93. Корректные и некорректные задачи. Корректность по Адамару
94. Пары корректных и некорректных задач
95. Возможность корректного решения обратных задач теории потенциала
96. Идея регуляризации. Условно корректные задачи
97. Методы регуляризации.
98. Обратные линейные задачи интегральной геометрии. Решение задачи Радона для радиально симметричной функции
99. Постановка задачи определения толщины внешнего слоя осесимметричной области
100. Классификация решений линейных ОДУ
101. Операторный метод решения систем уравнений ОДУ
102. Характеристика движения в нецентральной поле
103. Задача о равновесии капли в поле силы тяжести.
104. Классы задач математической физики.
105. Связь параболических и гиперболических задач. Тэта-функции.
106. Криволинейные системы координат.
107. Эллиптические функции Якоби и Вейерштрасса.
108. Мультифизика. Движение заряженных частиц в газе при высоком давлении.
109. Вариационное исчисление. Кратчайшие линии на поверхностях
110. Принцип Ферма. Постановки вариационных задач.

### **3.2. Критерии выставления оценок зачета**

По результатам ответа на контрольные вопросы аспирантам выставляются оценки. Результаты зачета определяются оценками «зачет» и «незачет».

- для оценки «зачет» необходимо набрать от 4 до 5 баллов - знания продвинутого или базового уровня, т.е. наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объёме пройденного программного материала, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительных источников информации; наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четкое изложение материала;

- для оценки «незачет» набраны от 0 до 3 баллов - отсутствие знаний или знания порогового уровня, т.е. нет твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов; наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.