



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и космической физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.Б.10.02 Вычислительная физика
(практикум на ЭВМ)

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 25 от « 21 » апреля 2020 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и космической физики
Протокол № 7
от « 27 » марта 2020 г.
Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор
Паперный В.Л.

Иркутск 2020 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	4
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	5
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).....	5
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами	6
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей)и виды занятий	6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	7
6.1. План самостоятельной работы студентов	8
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	8
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	9
а) <i>основная литература</i>	9
б) <i>дополнительная литература</i>	9
в) <i>программное обеспечение</i>	9
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	10
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):	10
10. Образовательные технологии:	10
11. Оценочные средства (ОС):	11
Лист согласования, дополнений и изменений	14
ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС	17

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Основной задачей курса является обучение студентов методам построения и исследования математические моделей физических явлений, причем изучение модели проводится методом численного эксперимента с помощью компьютера. В рамках этой задачи студенту предлагается самостоятельно разработать программу, описывающую модель физического явления, а затем по системе заданий изучить само физическое явление. Параметры модели легко изменяются в процессе изучения и представляются в наглядном виде. Такое исследование дополняет реальный эксперимент и позволяет получить полное представление о свойствах физического объекта.

Цель курса – дать студентам представление о современных методах обработки информации и исследования явлений путем их численного моделирования на компьютерах, способствовать развитию их интеллектуальных, творческих способностей и критического мышления в ходе проведения исследований, анализа явлений, восприятия и интерпретации информации.

Для достижения данной цели были поставлены **задачи**:

- освоить приемы и методы программирования в операционных системах Windows и Linux;
- изучить основы построения численной модели физического явления;
- освоить приемы исследования физических явлений на примере их модели.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Курс вычислительной физики модуля «информатика» относится к базовой части математического и естественнонаучного цикла дисциплин. Данная дисциплина предназначена для студентов первого курса.

Одним из направлений модернизации российского образования является интеграция дисциплин математического и естественнонаучного цикла. Курс вычислительной физики соответствует этой концепции, т.к. при его изучении используются разделы и темы следующих дисциплин:

- основы физики (механика, молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, атомная и ядерная физика);
- высшая математика (математический анализ, аналитическая геометрия, дифференциальное и интегральное исчисление, элементы вычислительной математики, теория вероятностей и математическая статистика)

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Обеспечиваемые компетенции. Курс «Вычислительная физика (практикум на ЭВМ)», согласно положениям федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования при подготовке бакалавра по направлению 03.03.02 Физика, позволяет студенту приобрести следующие общепрофессиональные компетенции (ОПК) и профессиональные компетенции (ПК):

- способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей (ОПК-2);
- способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6);
- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1).

Рабочая программа включает в себя дидактические единицы, рекомендуемые в федеральном государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования при подготовке бакалавров по направлению 03.03.02 Физика.

Дисциплина «Вычислительная физика (практикум на ЭВМ)» представляет собой естественное продолжение курса информатики, изучаемого студентами в первом семестре.

Студент, освоивший всю программу бакалавриата, с учетом курса «Программирование» будет обладать следующими компетенциями: ПК-1, ОПК-2, ОПК-6.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		3			
Аудиторные занятия (всего)	100/2,78	100			
В том числе:				-	-
Лекции	18/0,5	18			
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	68/1,89	68			
КСР	14/0,38	14			
Самостоятельная работа (всего)	44/1,2	44			
В том числе:				-	-

Решение задач на программирование	42/1,2	42			
Подготовка к зачету	2/0,06	2			
Контактная работа (всего)	104,4/2,9	104,4			
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)					
Общая трудоемкость	часы	144	144		
	зачетные единицы	4	4		

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

Раздел 1. Численное моделирование движений.

Тема 1. Понятие о численной модели.

Приведение уравнения движения к безразмерному виду. Параметры подобия.

Тема 2. Численное решение уравнений движения материальной точки.

Алгоритмы Эйлера и Рунге – Кутты.

Тема 3. Моделирование линейного и нелинейного маятника.

Фазовая траектория. Устойчивость решения. Фinitные и инфинитные движения. Сепаратриса.

Тема 4. Движение материальной точки в центральном поле.

Притягивающий и отталкивающий центры.

Тема 5. Движение точечного заряда в однородных полях.

Движение заряда магнитном поле, в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях.

Раздел 2. Моделирование векторных полей.

Тема 6. Построение силовых линий.

Силовые линии электрического поля разных источников. Силовые линии магнитного поля.

Тема 7. Построение изолиний.

Линии равного потенциала для поля точечных зарядов, расположенных в одной плоскости. Силовые линии как изолинии потока для аксиально-симметричных источников поля.

Раздел 3. Моделирование случайных процессов.

Тема 8. Случайные числа.

Генератор случайных чисел. Случайные числа, распределенные с равномерной плотностью вероятности. Алгоритм получения случайных чисел, распределенных с неравномерной плотностью вероятности.

Тема 9. Вычисление площадей методом Монте-Карло.

Тема 10. Случайные блуждания.

Моделирование столкновений. Определение длины свободного пробега. Моделирование движения со столкновениями.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)
1.	Численные методы и математическое моделирование	Раздел 1, раздел 2
2.	Основы сетевых технологий	Раздел 1, раздел 2
3.	Базы данных	Раздел 1, раздел 2
4.	Методы обработки сигналов и изображений	Раздел 1, раздел 2
5.	Управление внешними устройствами	Раздел 1, раздел 2, раздел 3

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					Всего
			Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	
1.	Численное моделирование движений	Понятие о численной модели	2			8	2	12
2.		Численное решение уравнений движения материальной точки	2			8	6	16
3.		Моделирование линейного и нелинейного маятника	2			8	8	18
4.		Движение материальной точки в центральном поле	2			8	8	18
5.		Движение точечного заряда в однородных полях	2			8	4	14
6.	Моделирование векторных полей	Построение силовых линий	2			6	6	14
7.		Построение линий равного потенциала для поля точечных	2			6	4	12

		зарядов						
8.	Моделирование случайных процессов	Случайные числа	2			8	4	14
9.		Вычисление площадей методом Монте-Карло	2			8	2	12

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1	Понятие о численной модели	8	практ. и твор. задания, собес.	ПК-1, ОПК2 ОПК6
2.	1	Численное решение уравнений движения материальной точки	8	практ. и твор. задания, собес.	
3.	1	Моделирование линейного и нелинейного маятника	8	практ. и твор. задания, собес.	
4.	1	Движение материальной точки в центральном поле	8	практ. и твор. задания, собес.	
5.	1	Движение точечного заряда в однородных полях	8	практ. и твор. задания, собес.	
6.	2	Построение силовых линий	6	практ. и твор. задания, собес.	
7.	2	Построение линий равного потенциала для поля точечных зарядов	6	практ. и твор. задания, собес.	
8.	3	Случайные числа	8	практ. и твор. задания, собес.	
9.	3	Вычисление площадей методом Монте-Карло	8	практ. и твор. задания, собес.	

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	Решение задачи на программирование	Написать программу	Вся рекомендуемая литература	42
2.	Подготовка к зачету				2

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе аудиторных при выполнении лабораторных работ.
- 2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- 3) В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не предусмотрены.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Красов, В. И. Компьютерное моделирование физических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Красов. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-1066-1
2. Амосов, А. А. Вычислительные методы [Электронный ресурс] / А. А. Амосов, Н. В. Копченова, Ю. А. Дубинский. - Москва : Лань", 2014. - 672 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Предметный указатель: с. 655-666. - Библиогр.: с. 648-654 (27 назв.). - ISBN 978-5-8114-1623-3
3. Красов, В. И. Практическое программирование [Текст] : учеб. пособие / В. И. Красов, А. А. Перевалов ; рец.: А. Г. Ченский, В. Б. Иванов ; Иркутский гос. ун-т, Физ. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. - 111 с. ; 20 см. - ISBN 978-5-9624-1279-5 : УДК 681.3.06(075.8) . – (66 экз.)

сверено с ЖБ ИГУ

б) дополнительная литература

- 1) Гулд, Х. Компьютерное моделирование в физике [Текст] : [В 2ч.] / Гулд, Харви; Перевод с англ. А.Н.Полюдова, В.А.Панченко. - М. : Мир. Ч.2. - 1990. - 399 с. : ил. ; 22см. - ISBN 5030015922 Библиогр.в конце глав.-Перевод изд.:An introduction to computer simulation methods applications to physical systems/Harvey Gould,Jan Tobochnik (Reading,Mas.etc.). УДК 53:681.3 – (2 экз.)
- 2) Иванов, В.Б. Компьютерное моделирование и программирование [Текст] : учеб.пособие / В.Б. Иванов; М-во образования РФ. - Иркутск : Изд-во ИГУ.
Ч.1 : Основы компьютерного моделирования. - 2003. - 91 с. - Библиогр.: с.91. – (33 экз.)
Ч.2 : Язык программирования СИ. - 2003. - 68 с. - Библиогр.: с. 68. – (50 экз.)
Ч.3 : Инструментальные средства моделирования. - 2003. - 143 с. – (50 экз.)
- 3) Кунин, С.Е. Вычислительная физика [Текст] / С.Е. Кунин ; Перевод с англ. А.Д.Баркалова, А.Н.Явохина; Под ред.А.Н.Матвеева. - М. : Мир, 1992. - 518 с. ; 22см. - ISBN 5030021248 Библиогр.:с.514-516.- Перевод изд.:Computational physics / Steven E. Kooinin (Redwood City, Calif.etc.). УДК 53:519.6 – (2 экз.)
- 4) Булавин, Л.А. Компьютерное моделирование физических систем [Текст] : [учеб. пособие] / Л. А. Булавин, Н. В. Выгорницкий, Н. И. Лебовка. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 349 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-91559-101-0 : УДК 53:681.3.06(075.8) (1экз.)

в) программное обеспечение

На каждом компьютере установлены ОС Linux (Ubuntu 14.04.2 LTS) и следующие программные пакеты: Geany 1.23.1, Midnight Commander, Leafpad, Mozilla, Gnuplot, Evince 3.10.3, LibreOffice 4.2.8.2. Все установленное программное обеспечение Freeware. Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде.

Кроме того, на тех же компьютерах в качестве второй операционной системы установлена Microsoft Windows 7 Professional (по программе Microsoft DreamSpark для учебных заведений, бессрочно) и программный пакет RAD Studio. Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по дисциплине Б1.В.ОД.3 «Вычислительная физика (практикум на ЭВМ)».
 - ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
 - ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
 - ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Применять полученные знания на практике студенты могут в специальном дисплейном классе с современной вычислительной техникой и соответствующим программным обеспечением. В классе имеет 14 стационарных компьютеров (Intel Atom CPU D2500) с мониторами (Samsung S19A10 18.5"), WiFi-роутер 54M Wireless Router TL-WR542G, маршрутизатор DES-1005D. Компьютеры имеют доступ к локальной сети университета и выход в Интернет. Студенты могут самостоятельно закреплять полученный материал в этих классах. На занятиях могут использоваться мультимедийные средства: переносной проектор (CASIO XJ-A241), стационарный настенный экран (Classic Solution, 244x244), ноутбук Lenovo B590. Кроме того, на факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы.

10. Образовательные технологии:

Изучение курса «Вычислительная физика (практикум на ЭВМ)» идет в плане накопительной системы, т.е. содержательная часть каждого раздела, как правило, завершается опросом. Студент в течение каждого семестра должен выполнить определённое количество практических заданий. Контроль самостоятельной работы осуществляется при

проверке созданной студентом компьютерной программы или модели из списка *семестровых заданий* по теме соответствующего раздела. Преподаватель оценивает работоспособность программы, её завершённость, гибкость, универсальность и рациональность. В зависимости от степени успеваемости студента и недочетов программы, даётся дополнительное задание. Итоговый контроль – зачёт.

11. Оценочные средства (ОС)

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

11.1. Оценочные средства для входного контроля

Входной контроль не осуществляется.

11.2. Оценочные средства текущего контроля

Примерный список вопросов для текущего контроля:

1. Чем определяется точность алгоритма Эйлера? Как можно её повысить?
2. Какой вид имеет решение уравнения движения линейного осциллятора?
3. Чем отличаются решения уравнения движения нелинейного маятника при малых отклонениях от положения равновесия и вблизи сепаратрисы?
4. Что такое инфинитное движение?
5. Какой траектории соответствует инфинитное движение в поле центральных сил?
6. Как называется движение заряженной частицы в неоднородном магнитном поле и в скрещенных полях?
7. Что называется силовой линией или линией поля?
8. В каких случаях возможно пересечение силовых линий?
9. Что характеризует карта силовых линий?
10. Как выбираются начальные точки для построения карты силовых линий магнитного поля кольца с током?
11. Что такое метод «цветного кодирования»?
12. Какими свойствами должны обладать источники поля, чтобы можно было строить карту силовых линий как изолиний потока вектора поля?
13. Что называется дискретной случайной величиной, непрерывной случайной величиной?
14. Что такое стандартная случайная величина?
15. Приведите алгоритм генератора случайных чисел?
16. Что такое разыгрывание случайной величины?
17. От чего зависит точность метода Монте-Карла вычисления площади произвольной формы?

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Собеседование при	Все темы	ОПК-2, ОПК-6, ПК-1

	защите готовой программы		
2.	Опрос	Все разделы	ОПК-2, ПК-1
3.	Подготовка к зачету	Все разделы	ОПК-2, ОПК-6, ПК-1

Каждое задание предполагает написание студентом программы в среде Borland RAD Studio на заданную тему, отладка и защита ее. При необходимости провести исследование полученной модели путем изменения параметров задачи. За выполнение задания студент получает определенное количество баллов. Однотипные задания собраны в разделы. Для получения зачета в семестре необходимо выполнить хотя бы по одному заданию из каждого раздела. Текст заданий приведен ниже.

I. Колебания

1 Написать программу, моделирующую движение линейного маятника с затуханием. На рабочем окне программы изобразить графики траектории $X(t)$, фазовой траектории $V(X)$, полной энергии $E(t)$. Исследовать движения с разными начальными условиями. (2 балла).

Дополнить программу изображением движущегося маятника в режиме анимации (1 балл).

2 Построить компьютерную модель вынужденных колебаний линейного маятника с затуханием. Построить резонансную кривую (3 балла).

3 Написать программу, моделирующую движение нелинейного маятника с затуханием. На рабочем окне программы изобразить графики траектории $X(t)$, фазовой траектории $V(X)$, полной энергии $E(t)$. Исследовать движения вблизи сепаратрисы (2 балла).

Дополнить программу изображением движущегося маятника в режиме анимации (1 балл).

II. Траектории

4. Написать программу вычисления траектории заряда, движущегося в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях. Исследовать движения при разных начальных условиях (2 балла).

5. Написать программу вычисления траектории заряда, движущегося в неоднородном магнитном поле. Закон изменения поля в пространстве задается преподавателем (2 балла).

III. Случайные процессы

6. Найти площадь круга по методу Монте-Карло, проверяя попадание внутрь круга путем использования уравнения окружности. Исследовать зависимость точности определения площади от числа испытаний ("выстрелов") (1 балл).

7. Найти площадь равностороннего треугольника по методу Монте-Карло, проверяя попадание внутрь треугольника путем анализа цвета фигуры. Исследовать зависимость точности определения площади от числа испытаний ("выстрелов") (1 балл).
8. Задача о накоплении «зерна». Исследовать процесс накопления зерна на некоторой линии $-1 < x < 1$, считая, что плотность вероятности $p(x)$ попадания отдельного зерна на эту линию зависит от x следующим образом:
- при $0 < x < 1$ $p(x) = 1 + x$,
 при $-1 < x < 0$ $p(x) = 1 - x$,
 при $|x| > 1$ $p(x) = 0$.

Изображать упавшие зерна кружками (при соответствующих значениях "x") (3 балла).

IV. Траектории частиц при наличии столкновений

9. Вычислить и изобразить траекторию частицы при наличии случайных столкновений, приводящих к изменению направления движения частицы на произвольный угол (в интервале от 0 до 2π) без изменения модуля скорости. Силовые поля отсутствуют. Средняя длина пробега равна L . Проследить изменение во времени смещения частицы от начальной точки, построив график зависимости смещения как функции от прошедшего времени (2 балла).
10. На однородную бесконечную пластинку толщиной d вдоль оси X падает поток нейтронов. При столкновении с атомом вещества с вероятностью P_1 нейтрон поглощается, а с вероятностью $P_2 = 1 - P_1$ упруго рассеивается, причем все направления движения нейтрона после рассеяния равновероятны. Средняя длина свободного пробега равна L . Промоделировав траектории движения $N = 100$ нейтронов, определить, сколько нейтронов N_1 поглотилось в пластинке, сколько нейтронов N_2 отразилось от пластинки и сколько нейтронов N_3 прошло сквозь пластинку. Меняя отношение L/d от 0,1 до 10, выяснить его влияние на значения N_1, N_2, N_3 .

Указание: Считать, что ось X перпендикулярна к пластинке, а движение и рассеяние нейтронов происходят в плоскостях XOY . Если поверхность, на которую падают нейтроны, расположить при $x = 0$, а вторую поверхность при $x = d$, то условием прохождения будет $x > d$, а условием отражения - $x < 0$ (3 балла).

11. Вычислить и изобразить траекторию движения заряженной частицы в однородном магнитном поле при наличии столкновений (3 балла).

V. Векторные поля


12. Нарисовать карту силовых линий и эквипотенциалей поля точечного заряда, расположенного в точке $x = 0, y = 0$ (1 балл).

13. Нарисовать карту силовых линий и эквипотенциалей поля двух одинаковых разноименных зарядов (2 балла).
14. Нарисовать карту силовых линий поля произвольного числа зарядов, расположенных в плоскости экрана случайным образом (3 балла).
15. Изобразить распределение потенциала произвольного числа зарядов, расположенных в плоскости экрана (использовать цветовое кодирование различных значений потенциала) (3 балла).

Примерный список вопросов к зачету

- Алгоритмы Эйлера и Рунге – Кутта.
- Фазовая траектория. Устойчивость решения. Фinitные и инфinitные движения. Сепаратриса.
- Притягивающий и отталкивающий центры.
- Движение заряда в магнитном поле, в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях.
- Силовые линии электрического поля разных источников. Силовые линии магнитного поля.
- Линии равного потенциала для поля точечных зарядов, расположенных в одной плоскости. Силовые линии как изолинии потока для аксиально-симметричных источников поля.
- Генератор случайных чисел. Случайные числа, распределенные с равномерной плотностью вероятности. Алгоритм получения случайных чисел.
- Вычисление площадей методом Монте-Карло.
- Моделирование столкновений. Определение длины свободного пробега.

Разработчики:




 (подпись)

доцент, к.ф.-м.н.
 (занимаемая должность)

В.И., Красов
 (инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
 « 27 » марта 2020 г.

Протокол № 7, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

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