



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и космической физики



УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

/ Н.М. Буднев

2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины Б1.В.03 Методы обработки экспериментальных данных

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Астрофизика высоких энергий

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 33 от «31» марта 2022 г.

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

Рекомендовано кафедрой:
общей и космической физики

Протокол № 8
от «14» марта 2022 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор
Паперный В.Л.

Иркутск 2022 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3. Содержание учебного материала	7
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	8
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	8
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	9
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	11
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	12
а) <i>перечень литературы</i>	12
б) <i>периодические издания</i>	12
в) <i>список авторских методических разработок</i>	12
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	12
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	13
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	13
6.2. Программное обеспечение:	13
6.3. Технические и электронные средства:	13
VII. Образовательные технологии	13
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	14
ПРИЛОЖЕНИЕ: Фонд оценочных средств	15

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Методы обработки экспериментальных данных» является формирование основ использования современных технологий обработки данных физического эксперимента в научно-исследовательской деятельности; в частности, изучение математических методов и подходов обработки, основ компьютерной алгоритмизации; формирование навыков в области программирования и разработки программного обеспечения в соответствующей предметной области.

Задачами дисциплины «Методы обработки экспериментальных данных» является:

- понимание концептуальных положений в области обработки данных;
- овладение техническими навыками, связанными с использованием современных компьютерных средств моделирования, обработки и анализа наблюдательных данных.
- практическое применение физико-математических подходов при разработке программного обеспечения обработки эксперимента;

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная учебная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Она изучается в третьем семестре на втором курсе магистратуры.

Для освоения содержания дисциплины необходимо знание основ радиофизики, математического анализа, информатики.

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и по данному направлению подготовки (03.04.02 Физика):

- Способен выполнять математическую и компьютерную обработку, интерпретацию и анализ результатов астрофизических исследований (ПК-3).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-3	ИДК ПК.3.2 Способен анализировать аналитические и экспериментальные результаты при	Знать: теоретические основы и математический аппарат цифровой обработки сигналов, представимых в различных формах (электрические сигналы, акустические сигналы и др.), эффективные способы формирования,

	исследовании астрофизических явлений и объектов	обнаружения, различения и оценки параметров сигналов с учетом свойств среды (канала передачи информации) и шумов (помех) Уметь: выявлять существенные количественные закономерности физических явлений, реализовывать с помощью типовых специализированных инструментов методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов, уметь оптимизировать подходы при изменяющихся априорных сведениях и условиях;. Владеть: практическими навыками обработки цифровых сигналов, базовыми методами работы с данными измерений и навыками их систематизации и анализа.
--	---	--

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов, в том числе 63 часа контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 36 аудиторных часов (во время выполнения практических работ).

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельна я работа	
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Введение в дисциплину	3	13,1	2	2	2	0,1	9	
2	Тема 2. Практика программирования на языке Python в разрезе обработки данных	3	22,1	6	4	6	0,1	12	Демонстрация готовой программы
3	Тема 3. Программные модули для научных вычислений	3	18,1	4	2	4	0,1	12	Демонстрация готовой программы
4	Тема 4. Форматы хранения данных (на примере данных обсерваторий ИГУ и ИСЗФ)	3	20,2	6	2	6	0,2	12	
5	Тема 5. Элементы статистической обработки данных и корреляция	3	22,2	6	4	6	0,2	12	Демонстрация готовой программы
6	Тема 6. Спектральный анализ данных	3	20,2	6	2	6	0,2	12	Письменная работа
7	Тема 7. Методы аппроксимации и интерполяции данных	3	20,1	6	2	6	0,1	12	
Зачет									
КОНТРОЛЬ			4						
КСР			4						
Итого часов			144		18	36	1	81	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Темы 3-7	Создание программы, чтение литературы по теме	В течение семестра	70	Собеседование	[1-2]
2	Темы 1-2	Письменная работа, чтение литературы по теме	В течение семестра	11	Собеседование	[1-2]
2	Подготовка к зачёту	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	К концу семестра		Собеседование	[1-2]
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				81		

4.3. Содержание учебного материала

Тема 1. Введение в дисциплину

Постановка и организация эксперимента. Основные этапы проведения эксперимента, определение его целей и задач. Типовые средства получения, обработки и хранения экспериментальных данных. Результаты эксперимента в виде набора данных. Понятие носителя информации. Представление данных в компьютере. Выбор физико-математических методов и подходов обработки эксперимента. Язык программирования как основной инструмент современной обработки данных. Критерии эффективности.

Тема 2. Практика программирования на языке *Python* в разрезе обработки данных

Общие сведения о языке программирования *Python*. Назначение и особенности. Переменные, значения и их типы. Операции и выражения. Типы данных и динамическая типизация. Порядок выполнения операций. Операторы управления. Ключевые слова и встроенные операторы. Определение функций. Параметры и аргументы. Вызовы функций. Списки, кортежи и словари. Общие операторы для всех типов последовательностей. Специальные операторы и функции для работы со списками. Работа со словарями. Классы и объекты.

Тема 3. Программные модули для научных вычислений

Подключение модулей. Создание собственных модулей. Основные стандартные модули. Документирование и аннотирование. Модули для научных вычислений *numpy*, *scipy*. Массивы *ndarray*. Индексация. Модуль символьных вычислений *sympy*. Визуализация данных с помощью модуля *matplotlib*. Работа с временными сериями в *Pandas*.

Тема 4. Форматы хранения данных (на примере данных обсерваторий ИГУ и ИСЗФ)

Текстовые файлы. Бинарные файлы. Структурированные форматы хранения данных: иерархический формат хранения данных HDF, формат хранения астрономических изображений FITS.

Тема 5. Элементы статистической обработки данных и корреляция

Погрешности измерений и их оценка. Доверительный интервал. Распределение Стьюдента. Вычисление погрешностей прямых и косвенных измерений. Корреляционный анализ данных.

Тема 6. Спектральный анализ данных

Преобразование Фурье. Преобразование *Wavelet*. Метод эмпирической декомпозиции мод EMD. Сравнительный анализ эффективности методов. Достоинства и недостатки.

Тема 7. Методы аппроксимации и интерполяции данных

Аппроксимация экспериментальных данных. Подбор эмпирических закономерностей. Понятие нормы. Задачи минимизации по нормам L1 и L2. Определение коэффициентов эмпирических формул по набору данных. Методы восстановления «потерянных» данных по ограниченному выборкам. Интерполяция на примере реконструкции астрономических изображений.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	Тема 1.	Введение в дисциплину	2	2	Письменная работа, собеседование	ПК-3.2
2.	Тема 2.	Практика программирования на языке Python в разрезе обработки данных	6	6	Проверка работающей программы, собеседование	
3.	Тема 3.	Программные модули для научных вычислений	4	4	Проверка работающей программы	
4.	Тема 4.	Форматы хранения данных (на примере данных обсерваторий ИГУ и ИСЗФ)	6	6	Проверка работающей программы	
5.	Тема 5.	Элементы статистической обработки данных и корреляция	6	6	Проверка работающей программы	
6.	Тема 6.	Спектральный анализ данных	6	6	Проверка работающей программы	
7.	Тема 7.	Методы аппроксимации и интерполяции данных	6	6	Проверка работающей программы	

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

Номер темы	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Введение в дисциплину	Письменная работа, чтение литературы по теме	Определить эффективность предложенных языков программирования при	1, 2	3

			решении задач, требующих научных вычислений.		
2	Практика программирования на языке Python в разрезе обработки данных	Письменная работа, чтение литературы по теме	Описать и изобразить в виде схемы алгоритмы сортировки данных.	1, 2	12
3	Программные модули для научных вычислений	Создание программы, чтение литературы по теме	Разработать программу для работы с бинарными деревьями: поиск узла, определение максимального узла, поиск всех узлов по заданному критерию.	1, 2	10
		Создание программы, чтение литературы по теме	Разработать программный модуль для представления геометрических фигур.	1, 2	10
		Создание программы, чтение литературы по теме	Разработать программу для определения колебаний на временных сериях спектральных наблюдений Солнца.	1, 2, 5, 6	10
4	Форматы хранения данных (на примере данных обсерваторий ИГУ и ИСЗФ)	Создание программы, чтение учебника	Разработать программу для визуализации данных с Сибирского радиогелиографа.	1, 2, 3, 5, 6	10
5	Элементы статистической обработки данных и корреляция	Создание программы, чтение учебника	Разработать программу для поиска направления прихода сигналов, регистрируемых гидроакустической станцией «Байкал»	1, 4, 5, 6	12
6	Спектральный анализ данных	Создание программы, чтение учебника	Разработать программу для поиска среднесуточных колебаний по данным с погодной станции установленной на телескопе БСВТ.	1, 2, 3, 5, 6	4
7	Методы аппроксимации и интерполяции данных	Создание программы, чтение учебника	С помощью нормы L1 и модуля cvxru восстановить исходный сигнал по ограниченному набору выборок	1, 2, 3, 5, 6	10

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов в рамках изучения данной дисциплины регламентируется общим графиком учебной работы, предусматривающим посещение

практических занятий и регулярное выполнение заданий по ним, выполнение самостоятельной работы

При организации самостоятельной работы по дисциплине «Методы обработки экспериментальных данных» студенту следует:

1. Внимательно изучить материалы, характеризующие курс и тематику самостоятельного изучения, что изложено в учебной литературе по дисциплине. Это позволит четко представить, как круг изучаемых тем, так и глубину их постижения.

2. Составить подборку литературы, достаточную для изучения предлагаемых тем. В программе дисциплины представлены основной и дополнительный списки литературы. Они носят рекомендательный характер, это означает, что всегда есть литература, которая может не входить в данный список, но является необходимой для освоения темы. При этом следует иметь в виду, что нужна литература различных видов: учебники, учебные и учебно-методические пособия; первоисточники, монографии, сборники научных статей, публикации в журналах, любой эмпирический материал; справочная литература – энциклопедии, словари, тематические, терминологические справочники, раскрывающие категориально-понятийный аппарат.

3. Основное содержание той или иной проблемы следует уяснить, изучая учебную литературу.

4. Абсолютное большинство проблем носит не только теоретический, умозрительный характер, но самым непосредственным образом выходят на жизнь, они тесно связаны с практикой социального развития, преодоления противоречий и сложностей в обществе. Это предполагает наличие у студентов не только знания категорий и понятий, но и умения использовать их в качестве инструмента для анализа социальных проблем. Иными словами, студент должен совершать собственные, интеллектуальные усилия, а не только механически заучивать понятия и положения.

5. Соотнесение изученных закономерностей с жизнью, умение достигать аналитического знания предполагает у студента мировоззренческую культуру. Формулирование выводов осуществляется, прежде всего, в процессе творческой дискуссии, протекающей с соблюдением методологических требований к научному познанию.

Письменная работа

Письменная работа предполагает решение поставленной задачи путем составления текстового описания и пояснительных блок-схем, описывающих алгоритм вычислений. При выполнении письменной работы студенту необходимо:

1. Прочитать внимательно задание;
2. Определить шаги решения поставленной задачи;
3. Написать решение в электронном формате;
4. Нарисовать поясняющие блок-схемы в графическом редакторе.

Чтение текста учебника

1. Текст необходимо читать внимательно - т.е. возвращаться к непонятным местам;
2. Текст необходимо читать тщательно - т.е. ничего не пропускать;
3. Текст необходимо читать сосредоточенно - т.е. думать о том, что вы читаете;
4. Текст необходимо читать до логического конца - абзаца, параграфа, раздела, главы и т.д.;
5. Составить логическую схему материалов учебника;
6. Ответить на вопросы для самопроверки в конце параграфа.

Составить логическую схему лекции

Логическая схема лекции составляется в произвольной графической форме: в виде блок-схемы, ментальной карты, с использованием средств инфографики или без. Материалы лекции должны быть обязательно дополнены материалами учебной литературы.

Создание программ обработки экспериментальных данных

Создание компьютерной программы предусматривает отработку навыков программирования с использованием различных технологий и математических методов. При создании программы студенту следует:

1. Прочитать задания и определить набор необходимых технологий и библиотек;
2. Разработать алгоритм и представить его в виде блок-схемы;
3. Написать код на языке программирования;
4. Составить тесты и проверить работоспособность программы.

При написании кода необходимо использовать систему контроля версий git. Весь значимый процесс разработки должен быть отображен в истории изменений

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

Курсовые работы не планируются.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) перечень литературы

основная литература

1. Федоров, Д.Ю. Программирование на языке высокого уровня Python [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Д. Ю. Федоров. - 3-е изд., пер. и доп. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2022. - 210 с. - (Высшее образование). - ЭБС Юрайт. - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-534-14638-7
2. Чернышев, С.А. Основы программирования на Python [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / С. А. Чернышев. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2023. - 286 с. - (Высшее образование). - ЭБС "Юрайт". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-534-14350-8
3. Берикашвили, В.Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы [Текст : Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. дан.col. - Москва : Юрайт, 2021. - 164 с. - (Высшее образование). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-09216-5

дополнительная литература

1. Умняшкин, С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс] / С. В. Умняшкин. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Техносфера, 2019. - 550 с. : ил. - ЭБС "Айбукс". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-94836-557-2
2. Умняшкин, С. В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Умняшкин. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Техносфера, 2012. - 368 с. - ЭБС "Айбукс". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-94836-318-9
3. Гонсалес, Р.С. Цифровая обработка изображений [Текст] : науч. изд. / Р. С. Гонсалес, Р. Е. Вудс ; пер. с англ.: Л. И. Рубанова, П. А. Чочиа ; науч. ред. пер. П. А. Чочиа. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2019. - 1103 с. : ил., цв. ил. ; 25 см. - (Мир цифровой обработки). - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 1081-1103. - ISBN 978-5-94836-331-8. - (15 экз.)

б) периодические издания

- нет необходимости.

в) список авторских методических разработок

1. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) <http://ssrt.iszf.irk.ru/indexru.shtml>
- 2) <https://badary.iszf.irk.ru/>
- 3) <http://library.isu.ru/ru>
- 4) ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 5) ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 6) ЭБС «Руконт» <http://rucont.ru>
- 7) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>
- 8) Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>
- 9) Онлайн каталог изображений Солнца Гелиовьюер <https://helioviewer.org/>

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в специально подготовленном дисплейном классе, в котором на каждое рабочее место включает в себя компьютер (Intel Atom CPU D2500 и D2550 1.86x2GHz, мониторы Samsung S19B300N и S19C150N) с соответствующим лицензионным программным обеспечением.

Кроме того, на факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

6.2. Программное обеспечение:

- 1) Операционная система Ubuntu 18.04 (свободная лицензия, бессрочно)
- 2) Дистрибутив Python Anaconda (свободная лицензия, бессрочно)
- 3) Набор компиляторов GCC (свободная лицензия, бессрочно)
- 4) Офисный пакет Open Office (свободная лицензия, бессрочно)

6.3. Технические и электронные средства:

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор).

Для обработки полученных в ходе эксперимента данных на практических занятиях в лаборатории кафедры имеются компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

VII. Образовательные технологии

- Интерактивные лекции
- Групповые дискуссии
- Проблемное обучение
- Исследовательские методы в обучении
- Обучение в сотрудничестве (работа в группе)
- Анализ ситуаций и имитационных моделей

В учебном процессе используются как активные, так интерактивные формы проведения занятий.

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Творческие задания в форме изложения проблемного материала;
- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование студентами выступлений друг друга.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками и структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа включает в себя:

- формулирование проблемных вопросов в результате самостоятельного изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;
- конспектирование;

При необходимости, в процессе работы над заданием, студент может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса обучающийся должен знать основы информатики, уметь пользоваться компьютером на продвинутом уровне, прослушать подробную технику безопасности при работе со сложным цифровым оборудованием.

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль успеваемости магистрантов осуществляется во время лабораторных занятий в ходе собеседований со студентами при выполнении ими практических заданий. Задания для практических работ и контрольные вопросы к ним указаны в ФОС.

8.1.3. 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 защите готовой программы	Все темы	ПК-3.2
2.	Письменная работа	Темы 1-2	ПК-3.2
3.	Зачёт	Все темы	ПК-3.2

Примерный список вопросов к зачету

1. Что такое язык программирования? Области применения языков программирования? Показатели эффективности. Виртуальные машины. Транслятор. Интерпретатор. Иерархия виртуальных машин. Виды языков программирования.
2. Основные конструкции языка *Python*. Синтаксис и грамматика.
3. Что такое алгоритм? Формы представления алгоритмов. Сложность алгоритма.
4. Форматы хранения данных: бинарные и текстовые и их преимущества и недостатки. Структурированные форматы хранения данных.
5. Что такое многомерный массив? Представление многомерных массивов в памяти компьютера. Работа с массивами в языке *Python*. Создание и работа с индексами в многомерных массивах.

6. Реализовать сериализацию и десериализацию данных, представленных в виде двумерных магнитограмм в файлы формата: *hdf* и *fits*.
7. Разработать программу для автоматического поиска солнечных пятен на серии магнитограмм по заданным критериям.
8. Дано: бинарные данные в формате *fits*. Распечатать названия полей данных в файле. Произвести визуализацию поля DATA в виде графика, используя библиотеку *matplotlib*.
9. Разработать собственный формат хранения для данных с датчика волнового фронта: геометрия, физические характеристики и отдельные субизображения.
10. Сформулируйте основные методологические подходы создания объектно-ориентированного кода. Определите основные сложности при создании иерархии классов и объектов. Дайте критическую оценку основным подходам. Выделите достоинства и недостатки.
11. Сформулируйте основные проблемы при алгоритмизации решения типовых задач обработки экспериментальных данных. Поиск оптимального алгоритма.
12. В каких областях своей научно-исследовательской деятельности вы уже применяете знания, полученные в ходе освоения данного курса? Какие новые направления компьютерных наук могут быть повсеместно использованы в ближайшие годы? Дайте развернутый ответ.

Разработчики:



 (подпись)

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

 А.А., Кочанов
 (инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
 « 14 » марта 2022__г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

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