



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.В.07.03 Специальный практикум по гелиофизике

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Солнечно-земная физика

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	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	4
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	5
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 (модулями)	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	7
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	7
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	9
<i>а) основная литература</i>	9
<i>б) дополнительная литература</i>	9
<i>в) программное обеспечение</i>	10
<i>г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	10
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:	10
10. Образовательные технологии	11
11. Оценочные средства (ОС)	12
 ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС	 15

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Часть лабораторных занятий данного практикума проводится с использованием учебного оборудования компании *National Instruments* (NI). Основной особенностью конструктивного решения фирмы NI является построение большого набора практикумов по различным дисциплинам на единой платформе: универсальной лабораторной станции NI ELVIS. Программным обеспечением для реализации проектов на основе этой платформы является среда визуального программирования *NI LabVIEW*. Среда позволяет проводить обучение в практическом, интерактивном режиме в таких областях, как контрольно-измерительные оборудование, схемотехника, электроника, электротехника, системы управления, средства коммуникации и др.

В оптической астрополяметрии активно используется эффект Поггеля, который обладает огромным быстродействием (порядка 10^{-10} с), благодаря чему, он находит активное применение в различных поляризационных астрофизических приборах.

Программа модуля разработана в соответствии с основной образовательной программой по направлению подготовки 03.03.02- Физика, по профилю подготовки «Солнечно-земная физика» предназначена для обеспечения практикума по курсу «Экспериментальные методы гелиофизике», изучаемого студентами в течение шестого семестра. Данная дисциплина опирается на курс «Экспериментальные методы гелиофизике» (Б1.В.ДВ.7.1), проводящийся в течении 7-го семестра.

Программа ставит **цель** познакомить будущих специалистов с основами техники фотометрических измерений.

Задачи курса:

- выработать у студентов навыки обработки экспериментальных данных;
- познакомить студента с общими характеристиками астрофизических приборов, работающих в оптическом диапазоне;
- снабдить студентов знаниями о принципах действия таких приборов;
- выработать у студентов навыки работы с оборудованием компании *National Instruments* при проведении различных экспериментальных исследований.

Знания и умения, приобретённые при изучении этого предмета, будут востребованы при выполнении дипломных работ и в процессе будущей профессиональной деятельности.

Лабораторный комплекс данного практикума позволяет научить студентов работать с различными приёмниками излучения. В рамках лабораторных работ студенты осваивают оптические методы измерения различных астрофизических параметров небесных тел.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП:

Дисциплина относится к вариативной части базового цикла Б1 и является обязательной дисциплиной (ОД). Она изучается студентами в 7-м семестре после освоения большинства курсов общей физики и части курсов теоретической физики. Данная дисциплина опирается на курс «Экспериментальные методы гелиофизике» (Б1.В.ДВ.7.1), проводящийся в течении 7-го семестра.

Входные знания, умения и компетенции студентов, необходимые для изучения дисциплины, определяются их базовыми знаниями, полученными на младших курсах бакалавриата при изучении следующих дисциплин: «Методы математической физики», «Теоретическая физика», «Оптика», «Физика солнечной системы», Методы математической физики.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих профессиональных компетенций (ПК):

- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);
- способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2).

В результате прохождения данного практикума и изучения дисциплины «Экспериментальные методы в гелиофизике» студент будет:

Знать:

- основные экспериментальные методы, используемые для диагностики характеристик небесных тел;

Уметь:

- проводить измерения с помощью современного исследовательского оборудования;
- обеспечивать сохранение получаемых данных;
- обрабатывать полученные в ходе исследования данные.

Владеть:

- методикой расчёта спектральных характеристик;
- техникой измерения светимости небесного тела.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		7			
Аудиторные занятия (всего)	60/1.67	60			
В том числе:	-	-	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	54/1.5	54			
КСР	6/0.17	6			
Самостоятельная работа (всего)	120/3.33	120			
В том числе:	-	-	-	-	-
Проведение эксперимента в ходе лабораторной работы	20/0.56	20			
Обработка экспериментальных данных	20/0.56	20			
Оформление отчет по лабораторной работе	40/1.11	40			
Подготовка к защите отчета по ЛР	40/1.11	40			
Вид промежуточной аттестации (<u>зачет</u> , экзамен)		зачет			
Контактная работа (всего)	72/2.0	72			
Общая трудоемкость зачетные единицы	180	180			
	5	5			

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

Раздел 1. Методика обработки наблюдений

- 1.1.Современные методы звёздной фотометрии
- 1.2.Обработка изображений
- 1.3.Отношение сигнал/шум. Темновой сигнал. Типы шумов ПЗС-камеры: фотонный, темновой, шум считывания, оптическая пересветка.
- 1.4.Влияние температуры на соотношение сигнал/шум
- 1.5.Неравномерность чувствительности матрицы по полю
- 1.6.Диапазон линейности матрицы
- 1.7.Разрешающая способность. Аппаратная функция.

Раздел 2. Исследование Эффекта Зеемана с помощью ПЗС-камеры

- 2.1. Классическая модель эффекта Зеемана
- 2.2. Изучение эффекта Зеемана с помощью интерферометра Фабри-Перо

2.3. Наблюдение простого эффекта Зеемана

2.4. Наблюдение аномального эффекта Зеемана

Раздел 3. Электрооптический эффект Поккельса

3.1. Влияние электрического поля на показатель преломления вещества.

3.2. Эффект Керра.

3.3. Эффект Поккельса.

3.4. Определение линейного электрооптического коэффициента

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

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1.	Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	Раздел 1
2.	НИР	Раздел 1

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

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Сем.	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Раздел 1	Интерферометр Фабри-Перо				10	24	34
2	Раздел 2	Фотоэлектронный умножитель				12	24	36
3	Раздел 3,4	Методика обработки наблюдений				14	24	38
4	Раздел 5	Исследование Эффекта Зеемана с помощью ПЗС-камеры				10	24	34
5	Раздел 6	Электрооптический эффект Поккельса				10	24	34

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	Раздел 4	Исследование характеристик ПЗС-камеры	14	Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК-1 ПК-2
2	Раздел 2	Измерение спектральных характеристик ФЭУ	12	Отчет по лаб.раб., собеседование	
	Раздел 5	Эффект Зеемана	10	Отчет по лаб.раб., собеседование	
	Раздел 1	Интерферометр Фабри-Перо	10	Отчет по лаб.раб., собеседование	
	Раздел 6	Электрооптический эффект Поккельса	10	Отчет по лаб.раб., собеседование	

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	- изучение теоретической части лаб. Работы - оформление отчета - подготовка к защите	- Оформить отчет по лаб.работе. - защитить работу преподавателю	Вся рекомендуемая литература	108
2.	Текущие консультации				12

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 и тестов, 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 занятий, 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) Паперный В.Л. Оптические методы в астрофизических исследованиях: учеб. пособие / В.Л. Паперный, А.А. Черных. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014 . - 145 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр. в конце разд. - ISBN 978-5-9624-1101-9. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.
- 2) Владимиров, Г.Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом [Электронный ресурс] / Г. Г. Владимиров. - Москва : Лань", 2013. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1515-1
- 3) Поршнев, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Текст] / С. В. Поршнев. - Москва : Лань, 2011. - 736 с. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1063-7

сверено с ЖБ ИГУ

б) дополнительная литература

- 1) Алтынцев, А.Т. Введение в радиоастрономию солнца [Текст] : научное издание / А. Т Алтынцев, Л. К. Кашапова ; рец.: В. М. Богод, А. Б. Струминский ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики, Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - 203 с. : цв. ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 180-203. - ISBN 978-5-9624-1055-5. – (3 экз)
- 2) Мусаев, Э. С. Оптоэлектронные устройства на полупроводниковых излучателях [Текст] : научное издание / Э.С. Мусаев. - М. : Радио и связь, 2010. - 205 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 189-202. - ISBN 5-256-01711-X. – (2 экз)
- 3) Кепнер, Джереми. Параллельное программирование в среде MATLAB для многоядерных и многоуровневых вычислительных машин [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. Кепнер. - ЭВК. - М. : Изд-во МГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-211-06428-7
- 4) Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7(30 лекций) [Текст] : Учеб. пособие для студ. вузов / П. А. Бутырин [и др.] ; Моск. энерг. ин-т . - М. : ДМК Пресс, 2005. - 264 с. : ил., табл. ; 23 см. - (National instruments). - ISBN 5-94074-084-7. – (1 экз)
- 5) Пергамент, М. И. Методы исследований в экспериментальной физике [Текст] : учеб. пособие / М. И. Пергамент. - М. : Интеллект, 2010. - 300 с. : ил. ; 21 см. - (Физтеховский учебник). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-91559-026-6. – (1 экз)

в) программное обеспечение

- 1) NI LabVIEW™. Имеется коммерческая лицензия для учебных заведений (академическая лицензия со стандартной сервисной поддержкой, закупается ежегодно, 1 год).
- 2) NI ELVISmx Software for NI ELVIS II & NI myDAQ NI. – National Instruments. – версия периодически бесплатно автоматически обновляется с сайта производителя через сеть Интернет. Изначально прилагается вместе с драйверами к оборудованию NI ELVIS II & NI myDAQ – (проприетарное программное обеспечение, не требующая заключения коммерческого договора)
- 3) Microsoft Word и Microsoft Excel в составе пакета MS Office. Лицензия на новые версии периодически обновляется Центром новых информационных технологий ИГУ по всему университету.
- 4) LibreOffice 5.3.2 (freeware бессрочно).
- 5) AcquireControl ©. – Copyright Allied Vision Technologies GmbH. – программа управления камерой Prosilica GT 2000 NIR. – лицензия FREEWARE. – бесплатное автоматическое обновление до новых версий через Интернет с сайта производителя. – <https://www.alliedvision.com/en/products/software/acquirecontrol.html>
- 6) GNU Octave, version 4.0.0 © 2015. – FREEWARE. – программа математической обработки данных, поддерживающая формат файлов «.m». – свободное программное обеспечение с открытым кодом.
- 7) SciDAVis 1.D013. – FREEWARE. – программа обработки данных и представления их в графической форме. – бессрочно

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) www.ni.com/russia
- 2) <http://www.labview.ru/>
- 3) <http://library.isu.ru/ru>
- 4) • ЭЧЗ «Библиотек» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 5) • ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 6) • ЭБС «Руcont» <http://rucont.ru>
- 7) • ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>
- 8) В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данной дисциплине.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- 1) Лабораторный стенд по исследованию характеристик ФЭУ с компьютером и соответствующим программным обеспечением.

- 2) Лабораторный стенд по исследованию характеристик ПЗС-камеры с компьютером и соответствующим программным обеспечением.
- 3) Лабораторный комплекс NI ELVIS II.
- 4) Ноутбуки Lenovo B590 (4 шт.), с установленной на них поставщиком операционной системой Windows 8 (WIN8 EM), пакетом LibreOffice, драйверами устройств лабораторного комплекса NI ELVIS II, драйверами для управления ПЗС-камерой.
- 5) Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде, в том числе в авторском учебном пособии.

10. Образовательные технологии

Новые знания студенты получают самостоятельно из методических описаний. Практическим навыкам они обучаются при выполнении лабораторных работ под руководством преподавателя.

В ходе лабораторных работ студент готовит отчет, включающий в себе следующие элементы: описание эксперимента, схема, таблицы экспериментальных данных, осциллограммы (в виде скриншотов), ответы на контрольные вопросы.

Студенты выполняют работы небольшими группами, обсуждая последовательность действий, и вместе анализируют полученные результаты. Последовательность выполнения работы задается следующим образом:

- 1) Малая группа (3 человека) выбирает в составе своей группы руководителя, задача которого распределить обязанности и спланировать выполнение лабораторной работы от подготовки оборудования до защиты отчета.
- 2) Студенты знакомятся с теоретическим материалом.
- 3) Знакомство с перечнем приборов и принадлежностей. Собираение электрической схемы (если нужно), подключение приборов и компьютера.
- 4) Выполнение эксперимента согласно ходу работы, указанному в методичке.
- 5) Написание программы для обработки экспериментальных данных (возможно требуется время или выполнение отдельного задания для усвоения основных принципов программирования в используемом программном пакете)
- 6) Обработка экспериментальных данных. Внесение соответствующих таблиц, графиков, диаграмм в отчет.
- 7) Подготовка и оформление отчета по лабораторной работе. Ответы на контрольные вопросы в методичке. Четкое формулирование выводов по работе.
- 8) Подготовка к защите отчета (с учетом изучения теоретического материала).
- 9) Защита отчета.

11. Оценочные средства (ОС)

Форма текущего контроля: собеседование во время лабораторных работ, проверка отчетов. Для допуска к зачёту требуется полностью выполнить все лабораторные, сдать отчеты и обсудить с преподавателем полученные результаты по каждой работе (в том числе ответить на контрольные вопросы), получив при этом отметку о сдаче.

Вид промежуточной аттестации: – зачет.

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

11.1. Оценочные средства для входного контроля

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

11.2. Оценочные средства текущего контроля

Примерные вопросы для текущего контроля:

- 1) Почему
- 2) Что происходит с фотоном, вызвавшим фотоэффект?
- 3) Влияет ли глубина проникновения света в фотокатод на распределение фотоэлектронов по энергиям?
- 4) Как зависит фототок от частоты и интенсивности падающего тока?
- 5) В чём состоит главное отличие фотоэлектронных умножителей от обычных фотоэлементов?
- 6) Что такое вторичная электронная эмиссия и как определяется коэффициент этого явления?
- 7) Можно ли в качестве металла для эмиттера использовать такие, у которых коэффициент вторичной эмиссии меньше единицы?
- 8) Почему для измерения слабых световых потоков применяют не просто фотоэлементы, а именно фотоэлектронные умножители?
- 9) Сколько эмиттеров должен иметь ФЭУ, чтобы обеспечить усиление первичного тока в 1000 раз, если коэффициент вторичной эмиссии равен 2?
- 10) Как изменится вольт-амперная характеристика ФЭУ, если интенсивность света увеличить?
- 11) Чем определяются значения погрешности в спектральном разрешении неизвестного пика?
- 12) Как найти площадь спектральной линии?
- 13) Чем определяются электрические параметры ПЗС?
- 14) Чем определяются спектральные характеристики ПЗС?
- 15) На чём основаны физические принципы работы ПЗС приборов?

Пример заданий к практическим занятиям:

1. **Задание 4. Исследование спектральных характеристик интерферометра Фабри-Перо.**
 - Нарисовать оптическую схему установки.

- Вычислить разность хода между интерферирующими лучами и оценить максимальный порядок интерференции ($d = 3 \text{ мм}$, $\lambda = 5460 \text{ Å}$ - зелёная линия ртути).
- Вычислите область свободной дисперсии интерферометра Фабри-Перо по формуле $\Delta\lambda_0 = \frac{\lambda^2}{2d} \cdot \Delta\lambda_0$ вычислить ангстремах.

2. Исследование характеристик ПЗС-матрицы:

- В среде MathLAB и получить матрицу ($A = [M]$) значений измеренных интенсивностей. Используя функцию графического отображения построить 3D-изображение щели. Определив из матрицы A значения первого (m) и последнего (l) столбца, в которых содержится информация. Оценив из изображения A диапазон изменения h , получите усреднённую (по длине щели) матрицу $C = \frac{\sum_{n=m}^{n=l} A^{(n)}}{1+(l-m)}$, ($C = [M]$). Используя двумерную графику, постройте график распределения интенсивности по ширине щели C_h .
- Скорректируйте график C_h , вычтя из матрицы C величину интенсивности фоновой засветки. Определите ширину контура на половине амплитуды и запишите под графиком « $\Delta_{C100} =$ ».
- Обработав все изображения щелей и оценив величину Δ определите аппаратную функцию g (определите какой ширине щели, т.е. какому пространственному размеру, она соответствует).

3. Задание 3. Получение спектральных характеристик сигнала ФЭУ

- Соберите схему, как показано на рисунке. Включите питание ФЭУ и питание станции NI ELVIS II.
- Используя пакет Signal Express, оцифруйте экспериментальные данные согласно указанным параметрам.
- С помощью созданной в среде LabVIEW программы обработайте полученные в эксперименте сигналы шума ФЭУ в зависимости от напряжения питания ФЭУ. Результаты оформить в MS Excel.
- Исследуйте спектральные характеристики сигнала с ФЭУ в зависимости от напряжения питания. Результаты оформить с помощью MS Excel.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

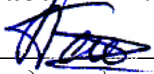
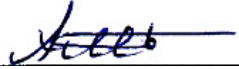
№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Собеседование при защите отчета	Методика обработки наблюдений	ПК-1
2.	Собеседование при защите отчета	Интерферометр Фабри-Перо	ПК-1
3.	Собеседование при защите отчета	Исследование Эффекта Зеемана с помощью ПЗС-камеры	ПК-1, ПК-2
4.	Собеседование при защите отчета	Электрооптический эффект Поккельса	ПК-1, ПК-2

Примерный список вопросов к зачёту

- Устройство МОП конденсатора и принцип его действия.

- Принцип работы приборов с зарядовой связью ПЗС фотоматрица и её архитектура.
- Шумы в ПЗС и методы их уменьшения.
- Принцип суперпозиции.
- Единичный импульс (дельта функция) и единичная функция.
- Импульсная реакция (аппаратная функция) и переходная функция.
- Связь между $\delta(x) \rightarrow \chi(x)$ и $g(x) \rightarrow h(x)$.
- АЧХ, ЧКХ и коэффициент передачи.
- Частотный метод исследования коэффициента передачи.
- Плюсы и минусы определения $g(x)$ с помощью изображения щели.
- Аппаратная функция передающей системы.
- Преимущества 2– объективной схемы передачи изображения.
- Как работает фотоэлектронный умножитель
- Что такое эффективность регистратора детектора? От каких параметров детектора и излучения она зависит? Что такое фоточасть и фотоэффективность?

Разработчики:

 (подпись) фамилия	<u>профессор, зав.кафедрой, д.ф.-м.н.</u> (занимаемая должность)	<u>В.Л., Паперный</u> (инициалы,
 (подпись) фамилия	<u>доцент, к.ф.-м.н.</u> (занимаемая должность)	<u>А.А., Черных</u> (инициалы,

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.