



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и космической физики



УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

факультет

/ Н.М. Буднев

17 апреля 2024 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ДВ.02.01 Экспериментальные методы в гелиофизике

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Солнечно-земная физика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор

 Н.М. Буднев

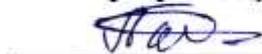
Рекомендовано кафедрой:

общей и космической физики

Протокол № 8

от «22» марта 2024 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор

 Паперный В.Л.

Иркутск 2024 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	4
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
4.1. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3. Содержание учебного материала	7
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	7
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)	9
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	10
а) <i>перечень литературы</i>	10
б) <i>периодические издания</i>	11
в) <i>список авторских методических разработок</i>	11
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	11
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	11
6.2. Программное обеспечение:	11
6.3. Технические и электронные средства:	12
VII. Образовательные технологии	12
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	13
 ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС	 17

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Фотометрия и поляриметрия являются важнейшими методами астрономических исследований. Многоцветная фотометрия позволяет узнать распределение энергии в спектрах астрономических объектов и получить представление об их физических характеристиках – температуре, светимости, массе. Исследование различных типов фотометрической переменности звезд и галактик необходимо для понимания происходящих в них процессов. В последние два десятилетия благодаря новым современным приемникам (ПЗС) возможности фотометрии сильно увеличились. ПЗС-приёмники обладают недостатками. Некоторые из них связаны с проблемами технологии изготовления матриц и астрономы перед ними бессильны. С другими недостатками можно бороться, улучшая методику наблюдений и их обработки.

Часть лабораторных и практических занятий 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.

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

Задачи курса:

- познакомить студента с общими характеристиками фотометрических приёмников;
- снабдить студентов знаниями о принципах действия приборов с зарядовой связью;
- познакомить с принципами работы фотоэлектронного умножителя;
- 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 курсовых и 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.

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Экспериментальные методы в гелиофизике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 и является дисциплиной по выбору (ДВ).

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».

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения данной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций

- Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) 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).

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2	<i>ИДК ПК.2.1</i> Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	Знает: - основные экспериментальные методы, используемые для диагностики характеристик небесных тел; - устройство и принцип действия фотоэлектронного умножителя; - устройство и принцип действия ПЗС-камеры. Умеет: - проводить измерения с помощью современного исследовательского оборудования; - обеспечивать сохранение получаемых данных; - обрабатывать полученные в ходе исследования данные. Владеет: - методикой обработки статистических данных; - техникой измерения светимости небесного тела с помощью ПЗС-камеры. •
	<i>ИДК ПК.2.2</i> Способен осуществлять научное руководство проведением исследований по отдельным задачам	Умеет Работать в группе, планировать и распределять отдельные задачи работы Владеет: • основными приемами научно-исследовательской работы.

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа,

в том числе 94 часов контактной работы.

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

На практическую подготовку отводится 34 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

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	Раздел 1 Спектроскопические методы исследования	7	4,4	2		2	0,4	2	Отчёт по лабораторной работе, защита отчёта, контрольные вопросы
2	Раздел 2 Дифракционная решетка как спектральный прибор	7	24,4	8		12	0,4	12	
3	Раздел 3 Интерферометр Фабри-Перо	7	30,4	8		18	0,4	12	
4	Раздел 4 Спектрометрические методы измерения температура плазмы	7	30,4	8		18	0,4	12	
5	Раздел 5 Прибор с зарядовой связью (ПЗС)	7	30,4	8		18	0,4	12	
	Зачёт								собеседование
	Контроль		8						
	КСР		16						
	<u>Итого часов</u>		144	34		68	2	50	

4.1. 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.)		
7	Все разделы	Обработка полученных экспериментальных данных, анализ результатов	В течение семестра	8	отчёты по лабораторным работам	Методические описания к лабораторным работам
7	Все разделы	Формулирование выводов по результатам работы. Работа с методическим материалом к каждой работе, ответы на контрольные вопросы	В течение семестра	42	Собеседование	
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				50		

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Спектроскопические методы исследования

- 1.1. Основные понятия спектрального анализа
- 1.2. Дифракционная решетка как спектральный прибор

Раздел 2. Интерферометр Фабри-Перо

- 2.1 Принцип действия интерферометра
- 2.2. Спектральные характеристики интерферометра Фабри-Перо
- 2.3. Обработка интерференционных спектров

Раздел 3. Спектрометрические методы измерения температура плазмы

- 3.1. СВЧ и ВЧ плазма
 - 3.1.1. Способы получения СВЧ-плазмы
 - 3.1.2. Способы получения ВЧ-плазмы
 - 3.1.3. Основные параметры плазмы и методы их измерения и оценки
- 3.2. Оптоволоконный спектрометр AvaSpec-2048
 - 3.2.1. Устройство и принцип работы
 - 3.2.2. Методика измерения оптических спектров излучения. Режим Irradiance Mode.
 - 3.2.3. База данных атомных спектральных линий Национальный институт стандартов и технологий. Настройки, получение необходимых параметров линий.
- 3.3. Методы определения равновесной температуры
 - 3.3.1. Модель термодинамического равновесия.
 - 3.3.2. Локально термодинамическое равновесие.
 - 3.3.3. Корональная модель.

Раздел 4. Прибор с зарядовой связью (ПЗС)

- 4.1 Приёмники ПЗС. Общие понятия
- 4.2 Устройство астрофотометра

4.3.1. 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 1	Дифракционная решетка как спектральный прибор	14	Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК2
2	Раздел 2	Обработка интерференционных спектров	18	Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК2
3	Раздел 3	Спектрометрические методы измерения температура плазмы	18	Контроль слаженности командной работы Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК2

				ие	
4	Раздел 4	Исследование характеристик ПЗС-камеры	18	Контроль слаженности командной работы Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК2

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

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	ИДК
1.	Все темы	Аудиторная	Изучить теоретическую часть работы	Методическое описание, авторское пособие	<i>ИДК ПК.2.1</i>
2.	Все темы	Аудиторная	Изучить описание стенда, ход выполнения работы. Подключить приборы собрать схему. Подготовить к началу эксперимента	Методическое описание, авторское пособие	<i>ИДК ПК.2.1</i> <i>ИДК ПК.2.2</i>
3.	Все темы	Аудиторная	Провести эксперимент лаб. Обработать экспериментальные данные.	[1]	<i>ИДК ПК.2.2</i>
4.		Внеаудиторная	оформление отчета; подготовка к защите	Вся рекомендуемая литература	<i>ИДК ПК.2.1</i>

4.4. 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 оформлении отчетов лабораторных работ и подготовке к их защите.

Самостоятельной работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов также включает в себя подготовку к устным опросам по каждому из изучаемых разделов. Также самостоятельная работа подразумевает систематический подход к обучению, в соответствии с предложенным в разделе 6.1 графиком, что, в свою очередь, способствует получению зачета по данной дисциплине.

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

Курсовые работы не предусмотрены.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**а) перечень литературы***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) Поплевко, В.П. Методы оптимизации в системе Matlab [Текст] : учеб. пособие / В. П. Поплевко ; рец.: В. Г. Антоник, М. А. Аргучинцева, Е. В. Аксеньюшкина ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 105 с. : граф. ; 20 см. - (Университетский учебник. Оптимизация, исследование операций и управление ; вып. 5). - ISBN 978-5-9624-0630-5. – (55 экз)

дополнительная литература

- 1) Поршнева, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Текст] / С. В. Поршнева. - Москва : Лань, 2011. - 736 с. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1063-7
- 2) Курбатов, Л.Н. Оптоэлектроника видимого и инфракрасного диапазонов спектра [Электронный ресурс] : научное издание / Л. Н. Курбатов. - ЭВК. - М. : Изд-во МФТИ, 1999. - 321 с. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 5-89155-041-5
- 3) Онучин, А. П. Экспериментальные методы ядерной физики [Текст] : учебник / А. П. Онучин. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. - 221 с. ; нет. - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-7782-1232-9
- 4) 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

б) периодические издания

- нет.

в) список авторских методических разработок

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. 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) www.ni.com/russia
- 2) <http://www.labview.ru/>
- 3) <http://library.isu.ru/ru>
- 4) • ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 5) • ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 6) • ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- 7) • ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

- 1) Лабораторный стенд по исследованию характеристик ВЧ-плазмы 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.

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

6.2. 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 Technnologies 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. – бессрочно
- 7) SciDAVis 1.D013. – FREEWARE. – программа обработки данных и представления их в графической форме. – бессрочно

6.3. Технические и электронные средства:

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

Во время занятий для пояснения поставленных в практических работах заданий студентам демонстрируются на экране с помощью проектора дополнительные и вспомогательные материалы (презентации, типичные примеры)

VII. 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.

Особенности работы с инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья. Большая используемого в практикуме оборудования является переносным и может быть перенесено или перевезено в специально подготовленную аудиторию для проведения занятий со студентами указанной категории. На сайте (в электронном виде) университета выложены методические материалы по данной дисциплине, к которым можно получить доступ удаленно.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

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.

8.1.1. 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.

8.1.2. 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) Из-за чего меняется цвет воздушной плазмы при увеличении давления остаточных газов?
- 8) Почему для измерения слабых световых потоков применяют не просто фотоэлементы, а именно фотоэлектронные умножители?
- 9) Каковы основные положения модели ЛТР?
- 10) В чём разница между оптической и электронной температурами?
- 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 ($d = 3\text{ мм}$, $\lambda = 5460\text{ \AA}$ - зелёная линия ртути).
 - Вычислите область свободной дисперсии интерферометра Фабри-Перо по формуле $\Delta\lambda_0 = \frac{\lambda^2}{2d} \Delta\lambda$ вычислить в 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 $C =$

$\frac{\sum_{n=m}^{n=1} A^{(n)}}{1+(l-m)}$, ($C = [M]$). 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. Измерение спектральной температуры ВЧ и СВЧ-плазмы ВЧ**

- Познакомиться с работой высокочувствительного оптоволоконного спектрометра AvaSpec-2048.
- Используя программный пакет AvaSoft для управления спектрометром и первичной обработки спектральных данных снять спектры СВЧ-плазмы при разных давлениях, в разных точках.
- Напустить в рабочий объём аргон. Получить спектр аргоновой плазмы.
- Оценить электронную температуру плазмы. Исследовать поведение спектров и температуры в зависимости от параметров эксперимента. Учесть потенциалы (I, II, III) ионизации азота, кислорода и аргона.
- Измерить спектр ВЧ-плазмы при двух разных давлениях остаточного газа.
- С помощью двойного лэнгмюровского зонда провести непосредственные измерения его ВАХ в ВЧ-плазме. Оценить по полученной ВАХ электронную температуру и концентрацию плазмы.
- Изучить молекулярные спектры азота. По полученным спектрам ВЧ-плазмы оценить вращательную и колебательную температуру N_2 в плазме.
- Сравнить вращательную, колебательную и электронную температуры.

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 отчета	Исследование характеристик ПЗС-камеры	ПК-2
2.	Собеседование при защите отчета	Измерение температуры плазмы по спектрам	ПК-2
3.	Собеседование при защите отчета	Интерферометр Фабри-Перо	ПК-2
4.	Собеседование при защите отчета	Основные понятия спектрального анализа. Дифракционная решетка	ПК-2
5.	Устный отчет студента об организации проведения лаб.эксперимента в своей команде. Визуальный контроль слаженности командной работы на занятии	Разделы 3 и 4.	ПК-2

Примерный список вопросов и упражнений 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 регистрации детектора? От каких параметров детектора и излучения она зависит? Что такое фоточасть и фотоэффективность?

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п.3:

- 1) Дельта-функцией называется функция, удовлетворяющая условиям:
 - а) $\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{при } t = 0 \\ 0 & \text{при } t \neq 0 \end{cases}$;
 - б) $\delta(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \neq 0 \\ \infty & \text{при } t = 0 \end{cases}$ и $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$
 - в) $\delta(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \neq 0 \\ \infty & \text{при } t = 0 \end{cases}$ и $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 0$;
- 2) Что происходит с фотоном, вызвавшим фотоэффект?
 - а) поглощается электроном;
 - б) поглощается атомом;
 - в) передает часть своей энергии электрону;
 - г) передает часть своей энергии иону;
- 3) Влияет ли глубина проникновения света в фотокатод на распределение фотоэлектронов по энергиям?
 - а) влияет, т.к. свет может освободить электроны не только с поверхности металла, но и из некоторой глубины;
 - б) не влияет, т.к. электроны освобождаются только с поверхности катода.
- 4) Как зависит фототок от частоты и интенсивности падающего тока?
 - а) никак не зависит;
 - б) прямо пропорционально;
 - в) обратно пропорционально;
 - г) экспоненциальная зависимость;
- 5) Телескоп имеет диаметр объектива $D=1$ м. Какова его разрешающая способность согласно критерию Рэля (для длины волны 550 нм)?
 - а) $6.7 \cdot 10^{-7}$ рад
 - б) 1.22 нм

- в) 6.7 нм
 з) $5.5 \cdot 10^{-7}$ рад
- 6) Зачем в фотометрии небесных тел требуется предварительно снимать темный участок неба?
 а) чтобы исключить фон;
 б) чтобы откалибровать телескоп;
 в) чтобы исключить искусственные объекты;
- 7) Чем определяется коэффициент вторичной электронной эмиссии?
 а) только числом выбитых электронов;
 б) только числом падающих первичных электронов;
 в) отношением числа выбитых электронов к числу падающих первичных электронов;
- 8) Из-за чего меняется цвет воздушной плазмы при увеличении давления остаточных газов при их напуске в разрядный промежуток?
 а) из-за перегрева плазмы при повышении концентрации;
 б) из-за нарушения локального термодинамического равновесия;
 в) из-за изменения соотношения концентраций газов воздушной смеси.
- 9) Верно ли утверждение, что локальное термодинамическое равновесие может существовать в системе только в том случае, если процессами излучения можно пренебречь и плазма является столкновительной?
 а) верно;
 б) неверно;
- 10) Вторичная электронная эмиссия – это испускание электронов под действием
 а) нагревания;
 б) электромагнитного излучения;
 в) внешнего электрического поля;
- 11) Зондовые методы исследования плазмы позволяют определить
 а) среднюю энергию электронов
 б) концентрацию атомов в возбужденном состоянии
 в) температуру нейтральной компоненты плазмы
- 12) Спонтанное испускание фотона веществом
 а) требует внешнего воздействия магнитным полем
 б) требует внешнего воздействия электрическим полем
 в) не зависит от внешних воздействий
- 13) Изменение показателя преломления кристалла при проявлении эффекта Поккельса пропорционально (E – напряженность электрического поля)
 а) E
 б) E^2
 в) $E^{1/2}$
- 14) Полуволновое напряжение управления электрооптического модулятора – это напряжение, при котором
 а) пропускание модулятора максимально
 б) сдвиг фаз между лучами составляет половину длины волны
 в) интенсивность проходящего излучения увеличивается вдвое

Разработчики:

 профессор, зав.кафедрой, д.ф.-м.н. В.Л., Паперный
(подпись) (занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

 доцент, к.ф.-м.н. А.А., Черных
(подпись) (занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
« 22 » марта 2024 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.