



**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

“ 17 ” марта 2026 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Наименование дисциплины (модуля):** Б1.В.ДВ.06.02 Экспериментальные методы в гелиофизике

**Направление подготовки:** 03.03.02 Физика

**Направленность (профиль) подготовки:** Фундаментальная физика и физика Космоса

**Квалификация выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 53 от «17» марта 2026 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор

Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**

общей и космической физики

**Протокол №** 8

от «16» марта 2026 г.

**Зав.кафедрой** д.ф.-м.н., профессор

Паперный В.Л.

**Иркутск 2026 г.**

## Содержание

<b>I. Цели и задачи дисциплины (модуля)</b> .....	3
<b>II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО</b> .....	3
<b>III. Требования к результатам освоения дисциплины</b> .....	4
<b>IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)</b> .....	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
<b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	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
<b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	11
6.2. Программное обеспечение: .....	11
6.3. Технические и электронные средства: .....	12
<b>VII. Образовательные технологии</b> .....	12
<b>VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации</b> .....	13

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

### IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часа,

в том числе 83 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			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1 Спектроскопические методы исследования	7	3,2	2		2	0,2	1	Отчёт по лабораторной работе, защита отчёта, контрольные вопросы
2	Раздел 2 Дифракционная решетка как спектральный прибор	7	18,2	8		12	0,2	6	
3	Раздел 3 Интерферометр Фабри-Перо	7	24,2	8		18	0,2	6	
4	Раздел 4 Спектрометрические методы измерения температура плазмы	7	24,2	8		18	0,2	6	
5	Раздел 5 Прибор с зарядовой связью (ПЗС)	7	24,2	8		18	0,2	6	
	Зачёт								собеседование
	Контроль		10						
	КСР		4						
	<b><u>Итого часов</u></b>		<b>108</b>	34		68	1	25	

#### 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	5	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	20	Собеседование	
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				25		

### 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) 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
- 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

## 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](http://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.

#### **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  $\Delta$  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:**

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

  
(подпись) доцент, к.ф.-м.н. А.А., Черных  
(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  
« 16 » марта 2026 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.**