



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВПО «ИГУ»
Кафедра общей и космической физики



УТВЕРЖДАЮ

12 2013 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Код дисциплины БЗ.В.ДВ.8.1.1

Наименование дисциплины (модуля) **Оптические методы наблюдений в астрофизических исследованиях** (модуль «Экспериментальные методы в геофизике и гелиофизике»)

Рекомендуется для направления (ий) подготовки специальности (ей)
011200.62 – физика, профиль «Солнечно-земная физика»

Степень (квалификация) выпускника бакалавр

Согласовано с УМК факультета (института)

Протокол № 3 от «2» 12 2013 г.
Председатель _____

Рекомендовано кафедрой:
общей и космической физики

Протокол № 3
От «15» 11 _____ 2013 г.

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

Иркутск 2013 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП:	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	4
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	6
5. Содержание дисциплины (модуля)	6
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).....	6
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	7
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	8
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	8
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	9
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:	10
11. Оценочные средства (ОС):	10

1. 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.

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

Программа ставит **цель** познакомить будущих специалистов с основами техники фотометрических измерений. Знания, полученные на лекциях, закрепляются на практических занятиях. Занятия рассчитаны на один семестр.

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.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП:

Дисциплина «Оптические методы измерений в астрофизических исследованиях» является частью модуля «Экспериментальные методы в геофизике и гелиофизике» (БЗ.В.ДВ.8.1) и относится к вариативной части математического и естественнонаучного цикла. Данный модуль проводится в шестом семестре как часть «Специального практикума по фундаментальной физике» (БЗ.В.ОД.1).

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» (БЗ.Б.1), «Теоретическая физика» (БЗ.Б.2), Оптика (БЗ.Б.1.4), «Физика солнечной системы» (БЗ.В.ОД.5), Методы математической физики (БЗ.Б.3), Методы обработки сигналов и изображений (БЗ.В.ОД.2).

Выписка из Государственного образовательного стандарта

Федеральный компонент ГОС подготовки бакалавра по специальности 011200 «Физика» не содержит указаний к обязательному минимуму основной образовательной программы по дисциплине «Оптические методы измерений в астрономических исследованиях».

Цели, задачи и требования к уровню содержания дисциплины приведены в рабочей программе.

Учебно-методическим объединением классических университетов не разработаны рекомендации по примерной учебной программе данной дисциплины.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

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

- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук (ОК-1);
- способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования (ОК-5).
- способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач (ПК-1);
- способностью применять на практике базовые профессиональные навыки (ПК-2);
научно-исследовательские
- способностью эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование (ПК-3);
- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-4);
- способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-5);
- способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-6);
- способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований (ПК-8);
- способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований (ПК-10)

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные экспериментальные методы, используемые для диагностики характеристик небесных тел;
- устройство и принцип действия фотоэлектронного умножителя;
- устройство и принцип действия ПЗС-камеры;
- .

Уметь:

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

Владеть:

- методикой расчёта спектральных характеристик ФЭУ;

- техникой измерения светимости небесного тела с помощью ПЗС-камеры.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		6			
Аудиторные занятия (всего)	58	58			
В том числе:		-	-	-	-
Лекции					
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	54	54			
КСР	4	4			
Самостоятельная работа (всего)	50	50			
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Отчет по лабораторной работе*					
Вид промежуточной аттестации (<u>зачет</u> , экзамен)		зачет			
Общая трудоемкость	часы	108	108		
	зачетные единицы	3	3		

*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.

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

Раздел 1. Интерферометр Фабри-Перо

- 1.1. Принцип действия интерферометра
- 1.2. Спектральные характеристики интерферометра Фабри-Перо
- 1.3. Обработка интерференционных спектров

Раздел 2. Фотоэлектронный умножитель

- 2.1. Устройство и основные узлы фотоэлектронного умножителя (ФЭУ)
 - 2.1.1. Фотокатод
 - 2.1.2. Катодная камера
 - 2.1.3. Динодная камера
 - 2.1.4. Анодный блок
- 2.2. Принципы работы ФЭУ
 - 2.2.1. Форма сигнала на выходе ФЭУ
 - 2.2.2. Режим счёта одноэлектронных импульсов.
 - 2.2.3. Режим постоянного тока.
 - 2.2.4. Режим счёта многоэлектронных импульсов.
- 2.3. Характеристики ФЭУ
 - 2.3.1. Спектральная характеристика ФЭУ
 - 2.3.2. Коэффициент усиления
 - 2.3.3. Темновой ток, шум, обнаружительная способность
- 2.4. Открытые электронные умножители (ВЭУ) и микроканальные умножительные пластины (МКП)
- 2.6. Эмиссия электронов из твердых тел
 - 2.6.1. Термоэлектронная эмиссия
 - 2.6.2. Фотоэлектронная эмиссия
 - 2.6.3. Вторичноэлектронная эмиссия (ВЭЭ)
 - 2.6.4. Автоэлектронная эмиссия

Раздел 3. ПЗС

- 3.1 Приёмники ПЗС. Общие понятия
- 3.2 Устройство астрофотометра

Раздел 4. Методика обработки наблюдений

- 4.1 Современные методы звёздной фотометрии
- 4.2 Обработка изображений в среде MATLAB
- 4.3 Отношение сигнал/шум. Темновой сигнал. Типы шумов ПЗС-камеры: фотонный, темновой, шум считывания, оптическая пересветка.
- 4.4 Влияние температуры на соотношение сигнал/шум
- 4.5 Неравномерность чувствительности матрицы по полю
- 4.6 Диапазон линейности матрицы
- 4.7 Разрешающая способность. Аппаратная функция.

Раздел 5. Исследование Эффекта Зеемана с помощью ПЗС-камеры

- 5.1. Эффект Зеемана
- 5.2.

Раздел 6. Исследование

- 6.1. Эффект
- 6.2.

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

№	Наименование	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения
---	--------------	--

п/п	обеспечиваемых (последующих) дисциплин	обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1.	Экспериментальные методы в геофизике и гелиофизике ч.2 (БЗ.В.ДВ.8.1)	Раздел 1, раздел 3, раздел 4
2.	Лазерная физика (БЗ.В.ДВ.5.3)	Раздел 2
3.		

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	10	20
2	Раздел 2	Фотоэлектронный умножитель				10	10	20
3	Раздел 4	Методика обработки наблюдений				14	10	24
4	Раздел 5	Исследование Эффекта Зеемана с помощью ПЗС-камеры				10	10	20
5	Раздел 6	Электрооптический эффект Погкельса				10	10	20
6								

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Труд оемк ость (часы)	Оценочные средства	Форм ируем ые компе тенци и
1	2	3	4	5	6
1	Раздел 4	Исследование характеристик ПЗС-камеры	14	Отчет по лаб.раб., собеседован ие	ПК-1 ПК-2 ПК-3
2	Раздел 2	Измерение спектральных характеристик ФЭУ	10	Отчет по лаб.раб.,	ПК-4

				собеседован ие	ОК-1
	Раздел 5	Эффект Зеемана	10	Отчет по лаб.раб., собеседован ие	ОК-18 ОК-20
	Раздел 1	Интерферометр Фабри-Перо	10	Отчет по лаб.раб., собеседован ие	
	Раздел 6	Электрооптический эффект Поккельса	10	Отчет по лаб.раб., собеседован ие	

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

Курсовые работы не предусмотрены.

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

а) основная литература

- 1) **Barry, Duncan.** Experiments in Modern Fiber Optics Communications Systems For the NI™ ELVIS series: Emona FOTEx Lab Manual. – Camperdown, Australia: Emona instruments Pty Ltd, 2009. – p.249
- 2) **Онучин, А.П.** Экспериментальные методы в ядерной физике: учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2010. – 219 с.
- 3) **Дьяконов, В.П.** MATLAB 6. – СПб.: Питер, 2001. – 592 с. – ISBN 5-318-00363-X
- 4) **Киес, Р. Дж.** Фотоприемники видимого и ИК диапазонов / Р. Дж. Киес, П. В. Крузе, Э. Г. Патли и др. / под ред. Р. Дж. Киеса: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с.
- 5) **Пресс Ф.П.** Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. – М: Радио и связь, 1991. – 264 с.: ил. – ISBN 5-256-00855-2
- 6) **LabVIEW** Руководство пользователя / Перевод на русский язык: Николаев С.В [eBook, PDF]. –М.: National Instruments Россия, 2007. - www.ni.com/russia, www.labview.ru [Электронный ресурс]

б) дополнительная литература

- 1) Комплект виртуальных измерительных приборов для учебных лабораторий NI ELVIS II / Руководство пользователя / перевод на русский язык: учебный центр «Центр технологий National Instruments», Новосибирский государственный технический университет, российский филиал корпорации National Instruments [электронный

ресурс] – 2008 – 36 с. – ftp://ftp.ni.com/pub/branches/russia/ni_elvis/ni_elvis_2_user_guide.pdf

2)

в) программное обеспечение

- 1) NI LabVIEW™ 2013 Professional Development System. – National Instruments, 2012
- 2) NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVISmx for NI ELVIS & NI myDAQ). – National Instruments, 2011

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) www.ni.com/russia
- 2) <http://www.labview.ru/>
- 3) <http://library.isu.ru/ru>

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) Современные компьютеры (ноутбуки), имеющие доступ к локальной сети университета и выход в Интернет.
- 5) Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде.

10. Образовательные технологии:

Новые знания студенты получают самостоятельно из методических описаний. Практическим навыкам они обучаются при выполнении лабораторных работ под руководством преподавателя. Студенты выполняют работы небольшими группами, обсуждая последовательность действий, и вместе анализируют полученные результаты.

11. Оценочные средства (ОС):

Форма промежуточного контроля: собеседование во время лабораторных работ, проверка отчетов. Для допуска к итоговому зачёту требуется полностью выполнить все лабораторные, сдать отчеты и обсудить с преподавателем полученные результаты по каждой работе, получив при этом отметку о сдаче.

Итоговый контроль – зачет.

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 ($d = 3 \text{ мм}$, $\lambda = 5460 \text{ \AA}$ - 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


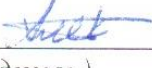
- Соберите схему, как показано на рисунке. Включите питание ФЭУ и питание станции NI ELVIS II.
- Используя пакет Signal Express, оцифруйте экспериментальные данные согласно указанным параметрам.
- С помощью созданной в среде LabVIEW программы обработайте полученные в эксперименте сигналы шума ФЭУ в зависимости 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

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 регистрации детектора? От каких параметров детектора и излучения она зависит? Что такое фоточасть и фотоэффективность?

Разработчики:

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

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
« 15 » 11 2013 г.

Протокол № 3 Зав.кафедрой  _____ В.Л. Паперный