

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(САО РАН)

**ПРИНЯТО**

решением Ученого совета  
САО РАН № 322  
от «16» сентября 2014 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор САО РАН,

член-корр. РАН

Ю.Ю. Балегга

2014 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по специальной дисциплине

НАИМЕНОВАНИЕ: «АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СВЕТОПРИЕМНИКИ»

Направление  
подготовки

**03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ**

Направленность  
(профиль) подготовки

**01.03.02 АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ  
АСТРОНОМИЯ**

Присваиваемая  
квалификация:

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬ.  
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-ИССЛЕДОВАТЕЛЬ**

|                        |       |        |
|------------------------|-------|--------|
| Объем занятий: Итого   | 36 ч. | 1 з.е. |
| Из них:                |       |        |
| Лекций                 | 8 ч.  |        |
| Лабораторных работ     | 6 ч.  |        |
| Практических занятий   | 8 ч.  |        |
| Самостоятельной работы | 14 ч. |        |

п. Нижний Архыз  
2014

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (Уровень высшего образования, Подготовка кадров высшей квалификации, Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. N 867, программы-минимум кандидатского экзамена, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 08 октября 2007г. № 274 и дополнительной программы кандидатского экзамена, принятой на заседании Ученого совета и утвержденной директором САО РАН.

Автор: к.т.н., научный сотрудник Лаборатории обеспечения наблюдений Емельянов Э.В.

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Задачей курса «Астрономические светоприемники» является формирование у аспирантов специальности 01.03.02. «Астрофизика и звездная астрономия» теоретических знаний об актуальной регистрирующей аппаратуре в области оптического диапазона и ближних ИК и УФ, а также практических умений работы с ПЗС-светоприемниками и основ предварительной обработки полученных изображений.

В процессе изучения курса аспирант ознакомится с принципом действия одно- и многоканальной светопринимающей аппаратуры: болометров, фотодиодов, ФЭУ, телевизионных трубок, ЭОП, ПЗС, КПА, КМОП-матриц и т. п. с уделением повышенного внимания современным светоприемникам. Теоретические знания о физических принципах работы наиболее распространенных типов светоприемников необходимы для понимания причин возникновения различного вида шумов при регистрации сигнала, что в свою очередь необходимо для разработки методов обработки полученных данных.

На лабораторных занятиях аспирант овладеет технологией аттестации светоприемника и получения его базовых характеристик, а также методикой обработки «сырых» данных для получения научно значимых результатов; научится получать и обрабатывать любительские снимки участков неба для получения красочных изображений, а также простейшей астрометрии.

На практических занятиях аспирант научится разрабатывать математические модели процессов регистрации астрономических изображений, расширит свои познания в области использования пакетов математического моделирования и прикладного программирования.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП АСПИРАНТУРЫ**

Дисциплина «Астрономические светоприемники» - Б1.В.ОД.5 относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 «Дисциплины».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Астрономические светоприемники», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета.

Дисциплина «Астрономические светоприемники» логически, содержательно и методически связана с последующими блоками учебного плана – дисциплинами по выбору аспиранта вариативной части Б1.В.ДВ.1 «Интерферометрия астрономических объектов», Б1.В.ДВ.2 «Современная галактическая радиоастрономия», Б1.В.ДВ.3 «Лабораторная и астрономическая спектроскопия с высоким и средним разрешением», Б1.В.ДВ.4 «Аккреционные диски в астрофизике», Б1.В.ДВ.5 «Практическая космология Ближней Вселенной», Б1.В.ДВ.6 «Методы панорамной спектроскопии», Б1.В.ДВ.7 «Исследования звездного магнетизма», Б1.В.ДВ.8 «Гамма-всплески, массивные сверхновые и глобальное звездообразование на больших красных смещениях», Б1.В.ДВ.9 «Наблюдательные проявления релятивистских объектов в оптическом диапазоне», Б1.В.ДВ.10 «Ближние карликовые галактики: фотометрия и звездообразование», Б1.В.ДВ.11 «Использование MATLAB в астрономии», Б1.В.ДВ.13 «История астрономической спектроскопии», Б1.В.ДВ.14 «Интерферометрические методы в спектроскопии звезд», блоками 2 «Практики», 3 «Научно-исследовательская работа», 4 «Государственная итоговая аттестация» - Б2.2, Б3.1, Б4.Г.1, Б4.Д.1.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### 3.1 НАИМЕНОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ

| Индекс | Расшифровка  |
|--------|--|
| УК-1   | -способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;  |
| ОПК-1  | -способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;   |
| ПК-2   | -способность обеспечивать наблюдения на современных телескопах по научным программам отечественных и зарубежных исследователей;  |
| ПК-4   | -способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области астрофизики и решать их с применением новой аппаратуры, оборудования, информационно-коммуникационных и цифровых технологий с учетом новейшего отечественного и зарубежного опыта; |

### 3.2 СТРУКТУРА И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ КОМПЕТЕНЦИЙ

#### Аспирант должен знать:

- физический принцип работы наиболее распространенных видов светопринимающей аппаратуры (УК-1, ПК-4) ;
- основные источники шумов при регистрации астрономических изображений и методы борьбы с ними (ПК-4).

#### Аспирант должен уметь:

- получать основные данные с помощью светопринимающей аппаратуры (ПК-2, ПК-4);
- обрабатывать изображения, полученные при помощи ПЗС-матриц (ОПК-1, ПК-2).

#### Аспирант должен владеть:

- основными видами вычислений в среде MatLab и/или открытых аналогах (ПК-4).

### 3.3 ПЛАНИРУЕМЫЕ УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

| Уровни сформированности | Индикаторы  | Дескрипторы   |  |
|-------------------------|---|---|--|
|                         |   | «зачтено»   | «не зачтено»   |
| Базовый                 | <b>Знает:</b><br>- физический принцип работы наиболее распространенных видов светопринимающей аппаратуры;<br>- основные источники шумов при регистрации | <b>Знает:</b><br>- физический принцип работы наиболее распространенных видов светопринимающей аппаратуры;<br>- основные источники шумов при регистрации | <b>Знает:</b><br>- основные источники шумов при регистрации астрономических изображений. |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  | астрономических изображений и методы борьбы с ними.   | астрономических изображений и методы борьбы с ними.   |   |
|  | <b>Умеет:</b><br>- получать основные данные с помощью светопринимающей аппаратуры;<br>- обрабатывать изображения, полученные при помощи ПЗС-матриц. | <b>Умеет:</b><br>- получать основные данные с помощью светопринимающей аппаратуры;<br>- обрабатывать изображения, полученные при помощи ПЗС-матриц. | <b>Умеет:</b><br>- получать основные данные с помощью светопринимающей аппаратуры.  |
|  | <b>Владеет:</b><br>- основными видами вычислений в среде MatLab и/или открытых аналогах.  | <b>Владеет:</b><br>- основными видами вычислений в среде MatLab и/или открытых аналогах.  | <b>Владеет:</b><br>- простейшими операциями в среде MatLab и/или открытых аналогах. |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу 36 часов.

| № п/п                  | Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание      | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах) |                |              |                   | Формы текущего контроля успеваемости |
|------------------------|--|---|----------------|--------------|-------------------|--------------------------------------|
|                        |  | Лекции  | Практ. занятия | Лаб. занятия | Самостоят. работа |                                      |
| 1.                     | Одноканальные светоприемники.                                      | 2   | 2              |              | 2                 | текущий зачет                        |
| 2.                     | Усилители сигнала (ЭОП); телевизионные светоприемники.             | 2   |                |              | 2                 |                                      |
| 3.                     | Фотодиодные светоприемники, координатно-чувствительные устройства. | 2   | 2              |              | 2                 | текущий зачет                        |
| 4.                     | Матричные полупроводниковые светоприемники: ПЗС и КМОП.            | 2   | 4              | 6            | 8                 | текущий зачет, итоговый зачет        |
| <b>Баланс времени:</b> |  | <b>8 ч</b>  | <b>8 ч</b>     | <b>6 ч</b>   | <b>14 ч</b>       | <b>36 ч</b>                          |

#### 5. НАИМЕНОВАНИЕ И ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

| № п/п                  | Наименование работы   | Кол-во часов | Форма проведения                                     |
|------------------------|---|--------------|--|
| 1.                     | Тема 4. Матричные полупроводниковые светоприемники: ПЗС и КМОП. | 6            | разноуровневые индивидуальные задания, текущий зачет |
| <b>Баланс времени:</b> |   | <b>6 ч</b>   |  |

## 6. НАИМЕНОВАНИЕ И ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

| № п/п                  | Наименование работы  | Кол-во часов | Форма проведения   |
|------------------------|--|--------------|--|
| 1.                     | Тема 1. Одноканальные светоприемники.                                      | 2            | разноуровневые индивидуальные задания, текущий зачет                 |
| 2.                     | Тема 3. Фотодиодные светоприемники, координатно-чувствительные устройства. | 2            | разноуровневые индивидуальные задания, текущий зачет                 |
| 3.                     | Тема 4. Матричные полупроводниковые светоприемники: ПЗС и КМОП.            | 4            | разноуровневые индивидуальные задания, текущий зачет, итоговый зачет |
| <b>Баланс времени:</b> |  | <b>8 ч</b>   |  |

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ АСПИРАНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, лабораторных и практических занятий и самостоятельной работы. Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации, представленным в п.9 рабочей программы.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Текущий контроль осуществляется по результатам работы на практических и лабораторных занятиях (текущий зачет). Промежуточный контроль – отчеты о выполненных заданиях по каждой теме, отчеты по самостоятельной работе.

Итоговым контролем является итоговый зачет по дисциплине.

Итоговый зачет проводится на завершающем практическом занятии.

## 8.2 ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющий оценить уровень сформированности компетенций, представлен следующими компонентами:

| Код оцениваемой компетенции   | Этап формирования компетенции (№ темы) | Тип контроля   | Вид контроля | Компонент фонда оценочных средств | Кол-во эл-тов, шт. |
|-------------------------------|--|----------------|--------------|-----------------------------------|--------------------|
| УК-1<br>ОПК-1<br>ПК-2<br>ПК-4 | Темы 1,3,4                             | текущий        | электронный  | практическая работа               | 3                  |
|                               | Тема 4                                 | текущий        | электронный  | лабораторная работа               | 1                  |
|                               | Темы 1-4                               | итоговый зачет | устный       | вопросы к зачету                  | 18                 |

## 8.3 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

При сдаче итогового зачета по дисциплине отметка «зачет» выставляется, если аспирант демонстрирует знание основного материала, излагает его, применяет теоретические положения при решении практических задач.

Отметка «не зачет» выставляется в случае, если аспирант не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в изложении основного материала, не может увязывать теорию с практикой.

## 8.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИТОГОВОГО ЗАЧЕТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Какие виды одноканальных светоприемников вы знаете?
2. Перечислите основные недостатки ФЭУ.
3. Какие виды многоканальных светоприемников вы знаете?
4. Опишите физический принцип работы болометра.
5. Опишите физический принцип работы телевизионной трубки.
6. Опишите физический принцип работы фотодиода.
7. Опишите физический принцип работы ЭОП на МКП.
8. Опишите физический принцип работы КПА.
9. Опишите физический принцип работы ПЗС и КМОП матриц.
10. Какие виды шумов присущи ФЭУ в различных режимах работы?
11. Какие виды шумов присущи ПЗС?
12. Какие виды шумов присущи КМОП-матрицам?
13. Какие факторы влияют на отношение сигнал/шум для ПЗС?
14. Перечислите основные недостатки ПЗС и КМОП-матриц.
15. Опишите методы обработки одиночного изображения.
16. Опишите методы обработки серии изображений одного и того же объекта.

17. Можно ли использовать для фотометрии и спектроскопии светоприемники потребительского класса?
18. Можно ли использовать светоприемники потребительского класса для астрометрии?

## **8.5 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Текущий и итоговый контроль работы аспирантов проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине.

Перед итоговым зачетом по дисциплине аспиранту необходимо полностью выполнить лабораторные и практические работы по дисциплине. При наличии задолженностей по лабораторным и практическим работам аспирант к итоговому зачету не допускается. Итоговый зачет по дисциплине предусмотрен в устной форме. На подготовку к ответу отводится 30 минут. При подготовке к ответу аспиранту предоставляется право пользования программой дисциплины.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **9.1.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов. / Гусев В.Г., Гусев Н.М. - Изд. 5-е, стер. М.: Высш. шк., 2008, 797с.
2. Современная астрометрия. / Ковалевский Ж., Жаров В.Е. - Фрязино: Век 2, 2004, 478с. Ipson S. S. et al. Visions and image sensors. — CRC Press LLC, 1999.
3. McLean, I. S. Electronic imaging in astronomy. Detectors and instrumentation / I. S. McLean. — 2nd edition. — Springer-Praxis, 2008. — Electronic imaging in astronomy. Detectors and instrumentation (Second edition), Publisher: Springer, 2008, 576 p. Series Springer-PRAXIS books in astronomy and planetary sciences. Published in association with Praxis Publishing, Chichester. ISBN 978-3-540-76582-0.
4. Scientific Detectors for Astronomy 2005 / Ed. by J. E. Beletic, J. W. Beletic, P. Amico. — 2006, 825p.
5. Вишневский Г. И., Булгаков А. Г., Выдревич М. Г. Матрицы приборов с зарядовой связью // Электронная промышленность. — 1992. — Т. 2. — С. 37.

#### **9.1.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. W. Romanishin. An Introduction to Astronomical Photometry Using CCDs. — 2006, 175p.
2. Asano A. MOS sensors continue to improve their image // Advanced Imaging. — 1989. — Vol. 11. — P. 42–44.
3. Boyle W. S., Smith G. E. Charged coupled semiconductor devices // Bell System Technical Journal. — 1970. — Vol. 49. — P. 587–593.

4. Nemiroff R. J., Rafert B. Toward a continuous record of the sky // Publ. Astron. Soc.Pacific. — 1999. — Vol. 111. — P. 886–897.
5. Борисенко А. Н., Маркелов С. В., Рядченко В. — Нижний Архыз, 1991. — 21 с. — (Препринт САО РАН.; 76).
6. Рядченко В. П. Разработка ПЗС-систем и их применение в фотометрических и спектральных исследованиях на 6-м телескопе : Дисс. . . канд. физ.-мат. наук / В. П. Рядченко ; САО РАН. — Нижний Архыз, 1992.
7. Спектральный комплекс фокуса Нэсмита 6-м телескопа БТА. X.Позиционные и фотометрические характеристики кварцевого эшелле-спектрографа НЭС с крупноформатной матрицей «Упсала ПЗС» / В. Е. Панчук, Н. Е. Пискунов, В. Г. Клочкова и др. — Нижний Архыз, 2002. — 15 с. — (Препринт САО РАН.; 169).

### **9.1.3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА**

## **9.2 ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ**

1. Сеть Астронет: <http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents>
2. База данных по внегалактическим объектам: <http://ned.ipac.caltech.edu/>
3. Астрофизическая информационная система ADS - <http://adswww.harvard.edu/>
4. База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
5. Звёздный каталог VIZIER - <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
6. Цифровой обзор неба DSS - <http://archive.eso.org/dss/dss>
7. Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - <http://www.sdss.org/>

## **9.3 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

- пакет Octave;
- компилятор gcc;
- утилиты получения изображений с ПЗС-светоприемников.

## **9.4 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

- экран;
- мультимедийный проектор;
- компьютер;
- выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах;
- сервер общего доступа для обработки и хранения данных;
- текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН;
- оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН.