

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(САО РАН)

**ПРИНЯТО**

решением Ученого совета

САО РАН № 404

от «20» июня 2022 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор САО РАН,

\_\_\_\_\_ / Г.Г. Валявин /

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «БЛИЖНЯЯ ВСЕЛЕННАЯ»

Научная специальность 1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

Объем занятий: Итого 72 ч. 1 1/3 нед.

Из них:

Лекций 24 ч.

Практических занятий 12 ч.

Самостоятельной работы 36 ч.

п. Нижний Архыз 2022

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951, утвержденной Программой кандидатского экзамена по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия, принятой на заседании Ученого совета САО РАН.

Автор: доктор физ.-мат. наук, профессор РАН, заведующий лабораторией внегалактической астрофизики и космологии Д.И. Макаров.

## 1. Общие положения

Наблюдение близких галактик дает исследователям основное количество данных о Вселенной. Исследование распределения, движения и свойств галактик на шкале менее 100 Мпк чрезвычайно важно для понимания вопросов формирования и эволюции не только отдельных галактик и структур различных масштабов, но и Вселенной как целого.

Целью освоения дисциплины «Ближняя Вселенная» является формирование у аспирантов фундаментальных знаний, умений и навыков, направленных на сдачу кандидатских экзаменов.

Основными задачами являются формирование представлений о современных методах наблюдения близких галактик, об измерениях основных характеристик и о статистическом анализе полученных данных.

Дисциплина «Ближняя Вселенная» – 2.1.4. относится к элективным дисциплинам образовательного компонента.

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

Дисциплина «Ближняя Вселенная» логически, содержательно и методически связана с последующими компонентами программы аспирантуры – 1.1. «Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации на соискание научной степени кандидата наук к защите», 1.2. «Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных», 2.1.3. «Физика космоса, астрономия», с факультативными дисциплинами 2.1.3. (Ф) «Ближние карликовые галактики: фотометрия и звездообразование», 2.1.4. (Ф) «Практическая космология Ближней Вселенной», 2.2. «Практика», 3. «Итоговая аттестация».

## 2. Планируемые результаты освоения дисциплины, соотнесённые с планируемыми результатами освоения программы

| № п/п                         | Результаты освоения дисциплины   | Результаты освоения программы |
|-------------------------------|--|-------------------------------|
| <b>Аспирант должен знать:</b> |  |                               |
| 1.                            | современные методы получения наблюдательных данных (красное смещение, расстояние, светимость, масса) для галактик; | РД-1, РД-3, РД-5              |
| 2.                            | методы анализа наблюдений;   | РД-1, РД-3                    |
| 3.                            | способы определения расстояний и peculiar скоростей, оценки распределения масс и космологических                   | РД-1, РД-3                    |

|                                 |   |                  |
|---------------------------------|---|------------------|
|                                 | параметров.   |                  |
| <b>Аспирант должен уметь:</b>   |   |                  |
| 4.                              | использовать методики исследования наблюдательных данных;                                     | РД-1, РД-2, РД-5 |
| 5.                              | корректно получать физические параметры из наблюдений;  | РД-1, РД-5       |
| 6.                              | использовать современные внегалактические базы данных.  | РД-4             |
| <b>Аспирант должен владеть:</b> |   |                  |
| 7.                              | навыками определения расстояний до галактик по обрыву вершины ветви красных гигантов;         | РД-1, РД-4, РД-3 |
| 8.                              | навыками работы с современными внегалактическими базами данных;                               | РД-2, РД-4       |
| 9.                              | методологией выделения структур в распределении галактик и определения их физических свойств. | РД-1, РД-2, РД-3 |

### 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 1/3 недели (72 часа).

| № п/п | Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах) |              |           | Формы контроля успеваемости |
|-------|---|---|--------------|-----------|-----------------------------|
|       |   | Лек.  | Практ. зан-я | Сам. раб. |                             |
| 1.    | Введение. Шкала внегалактических расстояний.                  | 2   |              | 4         |                             |
| 2.    | Зависимость период-светимость Цефеид.                         | 2   |              | 2         |                             |
| 3.    | Вершина ветви красных гигантов.                               | 2   | 4            | 4         | текущий контроль            |
| 4.    | Флуктуации поверхностной яркости. Соотношение Галли-Фишера.   | 2   |              | 4         |                             |
| 5.    | Пекулярные скорости галактик.                                 | 2   |              | 4         |                             |
| 6.    | Коллективные движения галактик на разных шкалах.              | 2   |              | 2         |                             |
| 7.    | Местный хаббловский поток.                                    | 2   |              | 2         |                             |
| 8.    | Восстановление распределения массы по полю скоростей.         | 2   | 2            | 2         | текущий контроль            |
| 9.    | Распределение галактик во Вселенной.                          | 2   |              | 4         |                             |
| 10.   | Методы выделения групп галактик.                              | 2   | 2            | 2         | текущий контроль            |

| №<br>п/п      | Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах) |             |             | Формы контроля успеваемости      |
|---------------|---|---|-------------|-------------|----------------------------------|
|               |   |   |             |             |                                  |
| 11.           | Методы выделения протяженных структур.                        | 2   | 2           | 2           | текущий контроль                 |
| 12.           | Методы выделения пустот.                                      | 2   | 2           | 4           | текущий контроль, итоговый зачет |
| <b>Итого:</b> |   | <b>24 ч</b>   | <b>12 ч</b> | <b>36 ч</b> | <b>72 ч</b>                      |

#### 4. Наименование и содержание практических занятий

| №<br>п/п      | Наименование работы   | Кол-во часов | Форма проведения                                      |
|---------------|---|--------------|---|
| 1.            | Тема 3. Вершина ветви красных гигантов.                       | 4            | разноуровневые индивидуальные задания                 |
| 2.            | Тема 8. Восстановление распределения массы по полю скоростей. | 2            | разноуровневые индивидуальные задания                 |
| 3.            | Тема 10. Методы выделения групп галактик.                     | 2            | разноуровневые индивидуальные задания                 |
| 4.            | Тема 11. Методы выделения протяженных структур.               | 2            | разноуровневые индивидуальные задания                 |
| 5.            | Тема 12. Методы выделения пустот.                             | 2            | разноуровневые индивидуальные задания, итоговый зачет |
| <b>Итого:</b> |   | <b>12 ч</b>  |   |

#### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация

##### 5.1. Форма проведения текущего контроля успеваемости

Текущий контроль осуществляется по результатам работы на практических занятиях. Промежуточный контроль – быстрый опрос на лекциях.

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

Итоговый зачет проводится в рамках промежуточной аттестации.

Перед итоговым зачетом по дисциплине аспиранту необходимо полностью выполнить практические работы по дисциплине. При наличии задолженностей по практическим работам аспирант к итоговому зачету не допускается.

##### 5.2. Форма проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме итогового зачета по дисциплине. Итоговый зачет по дисциплине предусмотрен в устной форме.

Оценивание знаний обучающегося происходит по результатам устного ответа на

вопросы из перечня. На подготовку к ответу отводится 30 минут. При подготовке к ответу аспиранту предоставляется право пользования программой дисциплины.

Итоговый контроль работы аспирантов проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине.

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

### **5.3. Вопросы к зачету**

1. Что такое Местное Сверхскопление?
2. Что такое Местный Объем?
3. Какие методы определения расстояний Вы знаете?
4. Что такое шкала расстояний в астрономии?
5. Опишите физику, лежащую в основе зависимости период-светимость.
6. Физические основы метода определения расстояний по вершине ветви красных гигантов.
7. Причина отклонения наблюдаемых скоростей галактик от хаббловского расширения.
8. Коллективные движения галактик.
9. Методы определения массы во внегалактической астрономии.
10. Теорема вириала.
11. Радиус нулевой скорости вокруг групп галактик.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Пиблс Ф.Д.Э., Структура Вселенной в больших масштабах, М.: Мир, 1983
2. Зельдович Я.Б., Новиков И. Д., Строение и эволюция Вселенной, М.: Наука, 1975
3. Розенталь И.А., Архангельская И.В., Геометрия, динамика, Вселенная, М., 2003
4. Архангельская И.В., Розенталь И.А., Чернин А.Д., Космология и физический вакуум, М.: URSS, 2006

### **6.2. Перечень дополнительной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины**

1. Голицын Г.С. «Скопления галактик, параметры подобия и соотношения между их измеряемыми характеристиками», УФН 185 1323–1332 (2015) <https://ufn.ru/ru/articles/2015/12/c/>
2. Вихлинин А.А., Кравцов А.В., Маркевич М.Л., Сюняев Р.А., Чуразов Е.М. «Скопления галактик», УФН 184 339–366 (2014) <https://ufn.ru/ru/articles/2014/4/b/>
3. Гурбатов С.Н., Саичев А.И., Шандарин С.Ф. «Крупномасштабная структура Вселенной. Приближение Зельдовича и модель слипания», УФН 182 233–261 (2012) <https://ufn.ru/ru/articles/2012/3/b/>
4. Лукаш В.Н., Михеева Е.В., Малиновский А.М. «Образование крупномасштабной структуры Вселенной», УФН 181 1017–1040 (2011) <https://ufn.ru/ru/articles/2011/10/a/>
5. Топоренский А.В., Попов С.Б. «Хаббловский поток в картине наблюдателя», УФН 184 767–774 (2014) <https://ufn.ru/ru/articles/2014/7/f/>
6. Чернин А.Д. «Тёмная энергия в ближней Вселенной: данные телескопа «Хаббл», нелинейная теория, численные эксперименты», УФН 183 741–747 (2013) <https://ufn.ru/ru/articles/2013/7/e/>
7. Перлмуттер С. «Измерение ускорения космического расширения по сверхновым» УФН

183. – 1060–1077 (2013) <https://ufn.ru/ru/articles/2013/10/e/>
8. Шмидт Б.П. «Ускоренное расширение Вселенной по наблюдениям далёких сверхновых», УФН 183 1078–1089 (2013) <https://ufn.ru/ru/articles/2013/10/f/>
9. Засов А.В., Сабурова А.С., Хоперсков А.В., Хоперсков С.А. «Тёмная материя в галактиках», УФН 187. – 3–44 (2017) <https://ufn.ru/ru/articles/2017/1/b/>

### **6.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

- Макаров Д.И. «Распределение галактик в местной Вселенной», <http://www.astronet.ru/db/msg/1169719>
- Макаров Д.И. «Движения галактик на малых и больших масштабах» <http://www.sao.ru/hq/dim/PhD/full/>
- Расторгуев А.С. «Шкала расстояний во Вселенной» <http://www.astronet.ru/db/msg/1171218>

### **7. Перечень информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, профессиональных баз данных**

- Сеть Астронет: <http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents>
- База данных HyperLeda: <http://leda.univ-lyon1.fr/>
- База данных по внегалактическим объектам NED: <http://ned.ipac.caltech.edu/>
- Астрофизическая информационная система ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/>
- База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- Звёздный каталог VIZIER: <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
- Слоановский цифровой небесный обзор SDSS: <http://www.sdss.org/>
- Архив обзора неба Pan-STARRS: <https://outerspace.stsci.edu/display/PANSTARRS/>

### **8. Материально-техническое обеспечение**

- 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.

### **9. Особенности освоения дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких аспирантов.

Адаптированная рабочая программа входит в структуру адаптированной программы аспирантуры, которая разрабатывается под потребности конкретного обучающегося по его личному заявлению или решению комиссии по определению вида инклюзии и условий обучения сразу после зачисления такого аспиранта на 1 курс.

Порядок разработки адаптированной рабочей программы определяется локальным нормативным актом.