

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 № 445

от «06» мая 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора САО РАН,

Г.Г. Валявин /

«28» августа 2026 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «ФИЗИКА МАССИВНЫХ ЗВЕЗД»

Научная специальность

1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

Объем занятий: Итого 36 ч. 2/3нед.

Из них:

Лекций 14 ч.

Практических занятий 4 ч.

Самостоятельной работы 18 ч.

п. Нижний Архыз 2026

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: кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории физики звезд О.Н. Шолухова.

1. Общие положения

Массивные звезды – одни из наиболее редких и интересных объектов в нашей и других галактиках. Они находятся на расстояниях в многие тысячи световых лет от Земли, и это само по себе делает их изучение трудным. Помимо большой удаленности, большинство звезд с такими экстремальными массами окружено облаками выбрасываемого газа, которые скрывают поверхность звезды, и это создает трудности в измерениях температуры и яркости звезд, а также существенно усложняет процесс определения их внутреннего химического состава.

Кроме того, облака газа создают неясность в вопросе о том, наблюдается ли только одна массивная звезда, или же компактная кратная система. Массивные звезды имеют крайне маленькую продолжительность жизни, что создает трудности в изучении и понимании их эволюции.

В процессе изучения курса, аспирант освоит навыки работы в компьютерных программах, позволяющих проводить обработку оптических и инфракрасных данных по массивным звездам, полученных на различных наземных и космических телескопах, а также на 6-м телескопе БТА САО РАН.

Дисциплина «Физика массивных звезд» – 2.1.8. относится к элективным дисциплинам образовательного компонента.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Физика массивных звезд», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета.

Дисциплина «Физика массивных звезд» 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 государственную регистрацию результатов интеллектуальной деятельности, предусмотренных абзацами первым и третьим пункта 12¹ Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842», 2.1.3. «Физика космоса, астрономия», 2.1.1. (Ф) «Аккреционные диски в астрофизике», 2.1.5. (Ф) «Интерферометрия астрономических объектов», 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
Аспирант должен знать:		
1.	современные технологии получения наблюдательных данных для различных типов массивных звезд;	РД-4, РД-5

2.	методы обработки и анализа оптических и инфракрасных наблюдений;	РД-4, РД-5
3.	способы определения физических параметров массивных звезд.	РД-1, РД-2, РД-3
Аспирант должен уметь:		
4.	использовать методики анализа наблюдательных данных, полученных на различных телескопах и приборах;	РД-2, РД-5
5.	использовать всемирные банки информации при проведении исследований;	РД-4, РД-2
6.	корректно обрабатывать оптические спектры и фотометрические данные;	РД-4, РД-2
7.	определять физические параметров массивных звезд.	РД-4, РД-2
Аспирант должен владеть:		
8.	навыками в обработке фотометрических спектроскопических оптических и инфракрасных наблюдений массивных звезд;	РД-4, РД-5
9.	методиками анализа фотометрических наблюдений на переменность массивных звезд;	РД-4, РД-5
10.	основными методами определения физических параметров массивных звезд на основе сравнения модельных и наблюдаемых характеристик;	РД-2, РД-3, РД-4, РД-5
11.	способами качественной и количественной оценки точности результатов.	РД-1, РД-2, РД-3

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2/3 недели (36 часов).

№ 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.	Типы массивных звезд.	2		2	
2.	Основные наблюдаемые характеристики массивных звезд.	2		2	
3.	Особенности строения звездных атмосфер массивных звезд.	2	2	2	текущий контроль
4.	Массивные звезды в других галактиках	2		2	

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
5.	Эволюция массивных звезд	2		4	
6.	Потеря массы массивными звездами.	2		2	
7.	Новые и Сверхновые звезды.	2	2	4	текущий контроль итоговый зачет
Итого:		14 ч	4 ч	18 ч	36 ч

4. Наименование и содержание практических занятий

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
1.	Тема 3. Особенности строения звездных атмосфер массивных звезд.	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
2.	Тема 7. Новые и Сверхновые звезды.	2	разноуровневые индивидуальные задания, итоговый зачет
Итого:		14 ч	

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 два вопроса 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. Каковы основные типы массивных звезд?
2. Перечислите основные методы обработки оптических спектров, основные методы фотометрии применительно к массивным звездам.
3. Какие спектральные и фотометрические характеристики массивных звезд Вы знаете?
4. Каковы особенности эволюции массивных звезд?
5. Что такое Новые и Сверхновые звезды? Опишите их эволюцию.
6. Как формируются звездные атмосферы массивных звезд?
7. Каковы особенности массивных звезд в других галактиках?
8. Какие методы определения физических параметров массивных звезд?

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Уокер Г., Астрономические наблюдения, 1990, М: Мир.
2. Засов А.В., Постнов К.А., Общая астрофизика, 2006, М. Фрязино: Век.
3. Фортов В.Е., Экстремальные состояния вещества на Земле и в космосе: Уч. пос., 2008, М. Физматлит.
4. Massive Stars: Fundamental parameters and circumstellar interactions: Proc. Conf., 2006, Ed. By Paula Benaglia et al., Mexico, 2008.
5. К. де Ягер, Звезды наибольшей светимости, 1984, М: Мир.
6. Weis, K.; Bomans, D.J. Luminous Blue Variables. *Galaxies* 2020, 8, 20. <https://doi.org/10.3390/galaxies8010020>
7. L. R. Yungelson, E. P. J. van den Heuvel, Jorick S. Vink, S. F. Portegies Zwart, A. de Koter. On the evolution and fate of super-massive stars (англ.) // *Astronomy & Astrophysics*. – 2008-01-01. – Vol. 477, iss. 1. – P. 223–237. – ISSN 1432-0746 0004-6361, 1432-0746. – doi:10.1051/0004-6361:20078345.

6.2. Перечень дополнительной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины

1. Шаров А.С., Туманность Андромеды, 1982, М, Наука
2. Бисноватый-Коган Г.С., Физические вопросы теории звездной эволюции, 1989, М: Наука
3. R. M. Lau, T. L. Herter, M. R. Morris, J. D. Adams. Nature versus nurture: luminous blue variable nebulae in and near massive stellar clusters at the galactic center (англ.) // *The Astrophysical Journal*. – 2014-04. – Vol. 785, iss. 2. – P. 120. – ISSN 0004-637X. – doi:10.1088/0004-637X/785/2/120.
4. Vink, Jorick S. (2012). "Eta Carinae and the Luminous Blue Variables". Eta Carinae and the Supernova Impostors. Eta Carinae and the Supernova Impostors. *Astrophysics and Space Science Library*. Vol. 384. pp. 221–247.

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

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

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

Специальное программное обеспечение не требуется.

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.