

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ

протокол от  
«        »        20\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

Астрофизика

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
03.03.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы  
Фундаментальная физика

---

Форма обучения  
очная

---

Нижний Новгород

2021 год

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02, Астрофизика относится к части ОПОП направления подготовки 03.03.02 Физика, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Знания: ПК-2.2: Умения: ПК-2.3: Навыки:	ПК-2.1: Знать общие характеристики космической плазмы и внеземного электромагнитного излучения, основные механизмы генерации излучения, основы теории переноса и рассеяния излучения в астрофизической плазме. Иметь представление о состоянии современной наблюдательной (в том числе, внеатмосферной) и теоретической астрономии. ПК-2.2: Уметь применять освоенные методы теоретической астрофизики для интерпретации наблюдаемых свойств электромагнитного излучения космических объектов. ПК-2.3: Владеть навыками решения задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Собеседование и задачи (практические задания)
ПК-4: Способен использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	ПК-4.1: Знания: ПК-4.2: Умения: ПК-4.3: Навыки:	ПК-4.1: Знать основные современные методы анализа, синтеза и обработки физической информации в области астрофизики ПК-4.2: Уметь использовать	Собеседование и задачи (практические задания)

		<p>современные методы анализа, синтеза и обработки физической информации в области астрофизических исследований.</p> <p>ПК-4.3: Владеть навыком работы в области астрофизических исследований, опираясь на знания современных методов анализа, синтеза и обработки физической информации</p>	
--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>24</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>24</b>
- КСР	<b>2</b>
самостоятельная работа	<b>22</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b>
	<b>экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	

	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Введение в теоретическую астрофизику	8	2	4	0	6	2
Электромагнитные волны в однородной астрофизической плазме	8	4	2		6	2
Электромагнитные волны в регулярно неоднородной астрофизической плазме	10	2	4		6	4
Перенос излучения в астрофизической плазме	8	4	2		6	2
Собственное излучение астрофизической плазмы	10	2	4		6	4
Поглощение излучения в равновесной астрофизической плазме	8	4	2		6	2
Реабсорбция и усиление излучения в неравновесной плазме	10	2	4		6	4
Рассеяние излучения в астрофизической плазме	8	4	2		6	2
Аттестация	36					
КСР	2				2	
Итого	108	24	24	0	50	22

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает:

Разбор решения задач различной степени сложности, проведение обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в соответствующей области знаний. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 6 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Применение знаний и умений при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности

- компетенций:

ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин;

ПК-4: Способен использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: занятий семинарского типа, групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить	При решении стандартных задач не продемонстрированы	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные	Продemonстрированы все основные умения, решены все	Продemonстрированы все основные умения. Решены все

	наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	основные умения.  Имели место грубые ошибки.	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки  при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»
--	-------	---

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам табл.2)

### Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Механизмы излучения: когерентный и некогерентный, мазерный и антенный.
2. Волны в магнитоактивной плазме. Графики  $n_j^2(\nu)$  и поляризация мод.
3. Квазипоперечное и квазипродольное распространение.
4. Вистлеры.
5. Затухание Ландау – интерпретация с учетом теплового движения электронов в поле волны.
6. Групповое запаздывание импульсов. Его применение к пульсарам.
7. Эффект Фарадея в плазме. Причины деполяризации излучения.
8. Уравнение переноса излучения в излучающей и поглощающей среде. Его решения.
9. Формирование Фраунгоферова спектра за счет эффектов поглощения.
10. Тормозное излучение.
11. Излучение Вавилова-Черенкова.
12. Магнитотормозное излучение. Спектр частот. Аномальный и нормальный эффект Доплера.
13. Циклотронное излучение. Депрессия на первой гармонике гирочастоты.
14. Синхротронное излучение. Угловой и частотный спектры.
15. Синхротронный механизм космического радиоизлучения.
16. Изгибное излучение.
17. Тормозное поглощение и эффективная частота столкновений.
18. Тормозной механизм излучения областей НШ.
19. Черенковское поглощение и затухание Ландау.
20. Циклотронное поглощение в неоднородном магнитном поле. Объяснение медленно меняющейся компоненты солнечного радиоизлучения.
21. Поглощение излучения в неравновесной плазме.
22. Черенковская неустойчивость (усиление) в системе «поток-плазма». Образование «плато».
23. Теория быстродрейфующих всплесков солнечного радиоизлучения. Динамический спектр, частотный дрейф гармоники. Конверсия плазменных волн в электромагнитные.
24. Перенос излучения с учетом эффектов рассеяния (приближение столкновительной и бесстолкновительной плазмы).
25. Уравнение переноса излучения с учетом рассеяния.
26. Метод Шварцшильда-Шустера. Решение уравнения переноса в однородном слое.
27. Интерпретация фраунгоферова спектра солнечного излучения и спектра излучения рентгеновских пульсаров.
28. Движущиеся источники излучения. Сверхсветовой разлет джетов.

### Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Задача 1. Расчёт деформации спектра реликтового излучения при рассеянии на горячем газе в скоплении галактик.

Задача 2. Расчёт уширения циклотронной линии в излучении и её смещения за счёт эффекта отдачи и гравитационного красного смещения для пульсара Her X-1.

Задача 3. Расчёт группового запаздывания импульсов радиоизлучения ближайших к Солнцу пульсаров и оценка меры дисперсии для них.

Задача 4. Расчёт количества полных оборотов плоскости поляризации радиоизлучения ближайших к нам пульсаров и меры вращения для них.

Задача 5. Расчёт яркостной температуры по наблюдаемому спектру радиоизлучения туманности Ориона и оценка меры эмиссии плазмы в этой туманности.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

а) основная литература:

- 1) Фундаментальные космические исследования. Астрофизика [Электронный ре-сурс] / Алифанов О.М., Анфимов Н.А., Беляев В.С. и др. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115490.html>
- 2) Астрофизика космических лучей [Электронный ресурс]: Учебное пособие для ву-зов. / Мурзин В.С. - М. : Логос, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987041716.html>
- 3) Гинзбург В.Л. Теоретическая физика и астрофизика, М., Наука, 1987. – 11 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) Бекефи Дж. Радиационные процессы в плазме, М., Мир, 1971. – 5 экз.
- 2) Теоретическая физика. Т. II. Теория поля [Электронный ресурс]: Учеб. пособ.: Для вузов. / Ландау Л.Д., Лифшиц ?М. - 8-е изд., стереот. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922100564.html>
- 3) Теоретическая физика. Том 9. Статистическая физика. Ч.2. Теория конденсирован-ного состояния. [Электронный ресурс]: Учеб. пособ.: Для вузов. / Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. - 4-е изд., исправл. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922102966.html>
- 4) Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика, М., Век 2, 2014. – 2 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 1) Научно-популярный и учебный сайт: [www.astronet.ru](http://www.astronet.ru) ;
- 2) Сайт Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov) ;
- 3) Некоммерческий сайт "Вселенная Сегодня" [www.universetoday-rus.com](http://www.universetoday-rus.com) ;

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.



Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): В.В. Кочаровский

Заведующий кафедрой:

Программа одобрена на заседании методической комиссии  
ВШОПФ от 30.06.2021, протокол № 3.