



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и космической физики



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: **Физика солнечного ветра**

Научная специальность: **1.3.1 Физика космоса, астрономия**

Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета
Протокол №38 от «18» апреля 2023 г.

Председатель  Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой:
общей и космической физики

Протокол № 8
от « 15 » марта 2023 г.

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

Иркутск 2023 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):.....	3
3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
4. Содержание дисциплины (модуля).....	4
<i>4.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)</i>	<i>4</i>
<i>4.2 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий</i>	<i>6</i>
<i>4.3. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ</i>	<i>7</i>
5. Примерная тематика рефератов (при наличии).....	7
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):.....	8
<i>а) основная литература.....</i>	<i>8</i>
<i>б) дополнительная литература</i>	<i>8</i>
<i>г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	<i>9</i>
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):	9
8. Образовательные технологии:	9
9. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	10

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Программа разработана в соответствии с образовательной программой по специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия, предназначена для обеспечения курса «Физика солнечного ветра», изучаемого аспирантами в течение второго года обучения.

Основная **цель** курса – дать аспирантам основные представления о характеристиках солнечного ветра и методах его изучения.

Для достижения данной цели поставлены **задачи**:

- изучить основные параметры солнечного ветра
- познакомиться с основными методами исследований, применяемыми в гелиофизике, для исследования феномена солнечного ветра.

2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Дисциплина «Физика солнечного ветра» является факультативной дисциплиной программы аспирантуры по специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия, и изучается аспирантами на втором году обучения.

В результате изучения дисциплины курса «Физика солнечного ветра» аспиранты должны:

Знать:

- основные физические параметры солнечного ветра;
- основные модели солнечного ветра;
- источники солнечного ветра;
- ионные составляющие солнечного ветра;
- структуру внутренней и внешней гелиосферы;

Уметь:

- применять полученные знания для интерпретации физических процессов в гелиосфере;
- пользоваться основными формулами гелиофизики.

Владеть, иметь представление

- об энергичных частицах в гелиосфере;
- о наземных и космических методах экспериментальных исследований солнечного ветра.

3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Курсы			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	16		16		
В том числе:					
Лекции	8		8		
Практические занятия (ПЗ)	8		8		
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
Самостоятельная работа (всего)	18		18		
В том числе:					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
Решение задач	18		18		
Контактная работа во время промежуточной аттестации	2		2		
Вид промежуточной аттестации (<u>зачет</u> , экзамен)			Зач		
Общая трудоемкость часы зачетные единицы	36		36		
	1		1		

4. Содержание дисциплины (модуля)

4.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

1. Солнечный ветер и внутренняя гелиосфера. Корональные источники солнечного ветра
 - 1.1. Типичные параметры плазмы солнечного ветра
 - 1.2. Теоретические модели солнечного ветра
 - 1.3. Самосогласованная модель короны и солнечного ветра
 - 1.4. Корональные источники солнечного ветра, быстрый и медленный ветер

2. Магнитогидродинамическое моделирование крупномасштабной структуры солнечного ветра и межпланетного магнитного поля
 - 2.1. Строение внутренней гелиосферы
 - 2.2. Сверхзвуковой сверхальфеновский ветер
 - 2.3. Полярный солнечный ветер
 - 2.4. Корона вблизи плоскости эклиптики

2.5. Глобальные модели

2.6. Магнитная переполусовка

3. Ионные составляющие солнечного ветра

3.1. Химический состав солнечной короны и солнечного ветра

3.2. Ионизационно-рекомбинационные процессы в солнечной короне, ионизационная температура солнечного ветра

3.3. Функции распределения солнечного ветра по скоростям, плотность, массовая скорость и температура

3.4. Модели состава солнечного ветра

4. Нестационарные процессы в солнечном ветре, турбулентность и волны

4.1. Турбулентность солнечного ветра по данным локальных измерений

4.2. Турбулентность солнечного ветра по данным радиопросвечивания

4.3. МГД-волны и турбулентность

5. Энергичные частицы в гелиосфере: галактические, гелиосферные и солнечные космические лучи

5.1. Основные характеристики галактических космических лучей (ГКЛ)

5.2. Методы наблюдений ГКЛ

5.3. Модуляционные эффекты ГКЛ (циклы солнечной активности, суточные вариации, форбуш-понижения)

5.4. Аномальная компонента солнечных лучей

5.5. Космические лучи и процессы в земной атмосфере

5.6. Основные характеристики солнечных космических лучей (СКЛ)

5.7. Происхождение СКЛ

5.8. СКЛ в межпланетной среде

6. Структура и свойства внешней гелиосферы

6.1. Современные подходы для описания различных компонент

6.2. Современные модели гелиосферного интерфейса

4.2 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах				
			Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Солнечный ветер и внутренняя гелиосфера. Корональные источники солнечного ветра	1.1. Типичные параметры плазмы солнечного ветра 1.2. Теоретические модели солнечного ветра 1.3. Самосогласованная модель короны и солнечного ветра 1.4. Корональные источники солнечного ветра, быстрый и медленный ветер	1	1			2
2.	2. Магнитогидродинамическое моделирование крупномасштабной структуры солнечного ветра и межпланетного магнитного поля	2.1. Строение внутренней гелиосферы 2.2.Сверхзвуковой сверхальфеновский ветер 2.3. Полярный солнечный ветер 2.4. Корона вблизи плоскости эклиптики 2.5. Глобальные модели 2.6. Магнитная переполусовка	2	2			4
3.	3. Ионные составляющие солнечного ветра	3.1.Химический состав солнечной короны и солнечного ветра 3.2. Ионизационно-рекомбинационные процессы в солнечной короне, ионизационная температура солнечного ветра 3.3. Функции распределения солнечного ветра по скоростям, плотность, массовая скорость и температура 3.4. Модели состава солнечного ветра	1	1			2
4.	Нестационарные процессы в солнечном ветре, турбулентность и волны	4.1.Турбулентность солнечного ветра по данным локальных измерений 4.2.Турбулентность солнечного ветра по данным радиопросвечивания 4.3.МГД-волны и турбулентность	2	2			4
5.	Энергичные частицы в гелиосфере: галактические, гелиосферные и солнечные космические лучи	5.1. Основные характеристики галактических космических лучей (ГКЛ) 5.2. Методы наблюдений ГКЛ 5.3. Модуляционные эффекты ГКЛ (циклы солнечной активности, суточные вариации, форбуш-понижения) 5.4. Аномальная компонента солнечных лучей 5.5. Космические лучи и процессы в земной атмосфере 5.6. Основные характеристики солнечных космических лучей (СКЛ) 5.7. Происхождение СКЛ 5.8. СКЛ в межпланетной среде	1	1			2
6.	Структура и свойства внеш-	6.1.Современные подходы для описания различных компонент	1	1			2

	ней гелиосферы	6.2. Современные модели гелиосферного интерфейса					
--	----------------	--	--	--	--	--	--

4.3. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1	2	3	4	5
1.	1.1. Типичные параметры плазмы солнечного ветра 1.2. Теоретические модели солнечного ветра 1.3. Самосогласованная модель короны и солнечного ветра 1.4. Корональные источники солнечного ветра, быстрый и медленный ветер	Солнечный ветер во внутренней гелиосфере	2	Решение задач, контрольная работа, устный опрос
2.	2.1. Строение внутренней гелиосферы 2.2. Сверхзвуковой сверхальфеновский ветер 2.3. Полярный солнечный ветер 2.4. Корона вблизи плоскости эклиптики 2.5. Глобальные модели 2.6. Магнитная переполюсовка	Магнитогидродинамическое моделирование крупномасштабной структуры солнечного ветра и межпланетного магнитного поля	2	Решение задач, контрольная работа, устный опрос
3.	3.1. Химический состав солнечной короны и солнечного ветра 3.2. Ионизационно-рекомбинационные процессы в солнечной короне, ионизационная температура солнечного ветра 3.3. Функции распределения солнечного ветра по скоростям, плотность, массовая скорость и температура 3.4. Модели состава солнечного ветра	Состав солнечного ветра	1	Решение задач, контрольная работа, устный опрос
4.	4.1. Турбулентность солнечного ветра по данным локальных измерений 4.2. Турбулентность солнечного ветра по данным радиопросвечивания 4.3. МГД-волны и турбулентность	Нестационарные процессы в солнечном ветре	1	Решение задач, контрольная работа, устный опрос
5.	5.1. Основные характеристики галактических космических лучей (ГКЛ) 5.2. Методы наблюдений ГКЛ 5.3. Модуляционные эффекты ГКЛ (циклы солнечной активности, суточные вариации, форбуш-понижения)	Энергичные частицы в гелиосфере	1	Решение задач, контрольная работа, устный опрос
6.	6.1. Современные подходы для описания различных компонент 6.2. Современные модели гелиосферного интерфейса	Структура и свойства внешней гелиосферы	1	Решение задач, контрольная работа, устный опрос

5. Примерная тематика рефератов (при наличии)

Рефераты не предусмотрены.

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

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедийные, использование документальных видеоматериалов).

а) основная литература

- 1) Сотникова Р.Т. Введение в физику Солнца [Текст] : учеб. пособие: в 2 ч. / Р. Т. Сотникова [и др.] ; рец.: А. Г. Тлатов, С. А. Язев ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Иркутский науч. центр, Ин-т солнечно-земной физики. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2010 - . - 20 см. - ISBN 978-5-9624-0621-3. Ч. 2. - 2012. - 195 с. : ил. - Библиогр.: с. 193-195. - ISBN 978-5-9624-0622-0. – (16 экз.)
- 2) Сотникова, Раиса Тимофеевна. Введение в гелиофизику [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. ВПО 011200 - Физика / Р. Т. Сотникова, В. Г. Файнштейн ; рец.: В. Н. Обридко, А. Г. Тлатов ; Иркутский гос. ун-т, СО РАН, Ин-т солн.-земной физики. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 256 с. : ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 205-208. - ISBN 978-5-9624-0821-7. – (4 экз.)
- 3) Теплицкая, Раиса Бенционовна. Солнечная атмосфера [Текст] : учеб. пособие / Р. Б. Теплицкая ; рец.: В. А. Пархомов, В. Г. Файнштейн ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 128 с. : ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 128. - ISBN 978-5-9624-0878-1. – (2 экз.)
- 4) Сотникова, Раиса Тимофеевна. Рентгеновские вспышки на Солнце [Текст] : научное издание / Р. Т. Сотникова ; рец.: В. Г. Файнштейн, В. Л. Паперный ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 142 с. : цв. ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 131-142. - ISBN 978-5-9624-0875-0. – (9 экз.)

б) дополнительная литература

- 1) Сотникова Р.Т. Введение в физику солнца [Текст] : учеб. пособие : в 2 ч. / Р. Т. Сотникова, Л. К. Кашапова ; Иркутский гос. ун-т, Физ. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2010 - . - 20 см. Ч. 1. - 2010. - 135 с. : ил. - Библиогр.: с. 121-123. – (11 экз.)
- 2) Язев, Сергей Артурович. Феномен комплексов активности на Солнце [Текст] : научное издание / С. А. Язев ; рец.: В. М. Григорьев, В. Н. Обридко, А. Т. Алтынцев ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - 377 с. : ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 337-364. - ISBN 978-5-9624-1089-0. – (8 экз.)
- 3) Акасофу С.И. Солнечно-земная физика [Текст] : пер. с англ.: в 2 кн. / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; ред. Г. М. Никольский и др. - М. : Мир, 1974 - 1975. - 22 см.
Ч. 1. - 1974. - 384 с. : ил., м.карты. - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 383. - Пер. изд. : Solar-terrestrial physics / Syun-Ich Akasofu, Sydney Chapman. - Oxford, 1972. – (1 экз.)
Ч. 2. - 1975. - 512 с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 510. - Пер. изд. : Solar-terrestrial physics / Syun-Ich Akasofu, Sydney Chapman. - Oxford, 1972. – (1 экз.)
- 4) Плазменная гелиогеофизика : в 2 т. / ред.: Л. М. Зеленый, И. С. Веселовский. - М. : Физматлит, 2008 - . - 24 см. Т. 1. - 2008. - 670 с. : ил. - Библиогр.: с. 587-663. - Предм. указ.: с. 664-670. - ISBN 978-5-9221-1040-2. – (1 экз.)
- 5) Гибсон Э. Спокойное Солнце. М.: Мир, 1977. – 408 с. – (3 экз.)
- 6) Коваленко В.А. Солнечный ветер [Текст] : научное издание / В. А. Коваленко ; СО АН СССР, Сиб. ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1983. - 272 с : ил., 1 л. ил. + 21 см. - Библиогр.: с. 254-270. – (2 экз.)

в) программное обеспечение пакет MS Office.

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНИТИ (<http://www.viniti.ru>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)
- ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Руко́нт» <http://rucont.ru>
- ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Методическим оформлением курса является использование современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео, документальные фильмы), дистанционных. Внедрение глобальной компьютерной сети в образовательный процесс позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области звездной астрономии и гелиофизики.

8. Образовательные технологии:

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в виде самостоятельных работ

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, документальное видео).

9. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса аспирант должен знать основы физики и информатики, уметь пользоваться стандартными поисковыми сервисами сети Интернет. Входной контроль знаний не проводится.

План самостоятельной работы

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	- изучение теоретической части практических заданий; - подготовка к собеседованию	- Оформить результаты по пр.работе; - ответить на контрольные вопросы;	Вся рекомендуемая литература	16
2.	Все темы	Подготовка к зачёту		Вся рекомендуемая литература	1
3.	Текущие консультации				1

Методические указания по организации самостоятельной работы

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов. При этом самостоятельная работа аспирантов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении лабораторных работ.
- 2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- 3) В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении аспирантом учебных и творческих задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа аспирантов может быть как в аудитории, так и вне ее.

11.2. Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль успеваемости аспирантов осуществляется по следующим критериям оценивания:

1) Пороговый уровень:

- (знание) дает определения основных понятий

- воспроизводит основные физические факты, идеи
- распознает физические объекты
- знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике
- **(умение)** умеет работать со справочной литературой
 - использует приборы, указанные в описании лабораторной (или практической) работы
 - умеет представлять результаты своей работы
- **(владение)** владеет терминологией предметной области знания
 - способен корректно представить знания в математической форме

2) Базовый уровень

- **(знание)** понимает связи между различными физическими понятиями
 - имеет представление о физических моделях процессов в плазме
 - аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи
 - графически иллюстрирует задачу
- **(умение)** самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование
 - применяет методы решения задач в незнакомых ситуациях;
 - умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания
- **(владение)** критически осмысливает полученные знания
 - способен корректно представить знания в математической форме
 - компетентен в различных ситуациях (работа в междисциплинарной команде)
 - владеет разными способами представления физической информации

3) Высокий уровень

- **(знание)** фактически и теоретически знает материал курса в пределах области исследования с пониманием границ применимости (знания глубокие, всесторонние)
- **(умение)** творчески подходит к решению физических задач (как теоретических, так и практических)
 - умеет абстрагировать проблемы, с которыми сталкивается при решении различных задач;
- **(владение)** может самостоятельно оценивать результаты своей работы;
 - способен совершенствовать действие работы, исходя из собственной оценки результатов
 - соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Оценка степени сформированности компетенций аспиранта основывается конкретностью и полнотой его ответов при выполнении заданий и упражнений итогового контроля знаний. Дополнительные вопросы и их число определяется необходимостью объективной оценкой уровня освоения аспиранта изучаемой дисциплины.

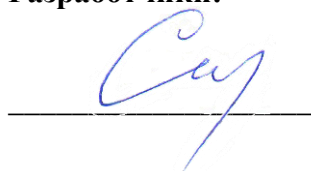
Оценка "Зачтено" выставляется аспиранту, который усвоил весь программный материал, исчерпывающе, грамотно и по существу его излагает, не допуская существенных неточностей в ответах на вопросы, умело применяет теоретические положения при решении практических вопросов и заданий, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка "Не зачтено" выставляется аспиранту, который не может ответить на ключевые вопросы программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями и ошибками выполняет практические задания.

Примерный список устных вопросов:

1. Концентрация и температура короны
2. Структура солнечной короны по наблюдениям затмений
3. Классификация форм короны
4. Общая структура солнечной короны
5. Магнитные поля в солнечной короне
6. Конфигурация корональных магнитных полей
7. Нагрев солнечной короны
8. Условия гидростатического равновесия атмосферы Солнца
9. Парометры солнечной плазмы в открытых областях магнитного поля короны
10. Энергетика солнечного ветра
11. Теплопроводность в солнечном ветре
12. Волны и солнечный ветер
13. Ускорение солнечного ветра волнами
14. Энергетический баланс короны и солнечного ветра
15. Корональные дыры. Феноменология и физика.
16. Полярные корональные дыры
17. Вариации параметров солнечного ветра в цикле солнечной активности
18. Межпланетное магнитное поле.

Разработчики:



профессор, д.ф.-м.н.
(занимаемая должность)

С.А., Язев
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
« 15 » марта 2023__г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

**Лист согласования, дополнений и изменений
на 2025/2026 учебный год**

К рабочей программе дисциплины «Физика солнечного ветра» по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия

1. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:
Нет дополнений

2. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:
Нет изменений

Изменения одобрены УМК Физического факультета,
протокол № 50 от «22» апреля 2025 г.

Зав. кафедрой
общей и космической физики

 / В.Л. Паперный