

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт солнечно-земной физики  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИСЗФ СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИСЗФ СО РАН

чл.-корр. РАН

А.В. Медведев

« 23 » марта 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.Б.6 Введение в физику плазмы**

Направление подготовки **03.04.02 «Физика»**

Направленность (профиль): **Физика солнечно-земных связей**

Квалификация выпускника: **МАГИСТР**

Тип профессиональной деятельности: **научно-исследовательский,  
педагогический**

Форма обучения: **очная**

Иркутск 2022

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень магистратуры), утвержденного приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 № 914

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал доктор физико-математических наук	А.А. Кузнецов
---	---------------

## 1. Место и роль дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Введение в физику плазмы» входит в базовую часть Блока 1 «Дисциплины (модули) основной профессиональной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки «Физика солнечно-земных связей» направления подготовки 03.04.02 «Физика».

Предшествующие дисциплины, на которые данная дисциплина опирается: «Физика», «Математика».

Последующие дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо: «Физика магнитосферы».

## 2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Введение в физику плазмы» является получение фундаментальных знаний и возможности их использования в процессе дальнейшего обучения, при прохождении практик, написания научных работ, в своей научной деятельности.

Задачами дисциплины «Введение в физику плазмы» является:

- Получение фундаментальных знаний в области физики плазмы, необходимых для понимания процессов в солнечной короне и ионосфере Земли.
- Освоение основных методов, используемых для количественного описания плазмы.
- Приобретение навыков решения типичных задач, возникающих при исследовании процессов в космической плазме.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины «Введение в физику плазмы» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ОПОП по направлению подготовки «Физика»

Компетенции	Индикаторы достижения компетенции (ИДК)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;	ИД 1. Способен решать исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области физики	<b>Знать:</b> физические процессы в плазме, определяющие ее свойства и поведение <b>Уметь:</b> рассчитывать основные параметры плазмы, волн и частиц в ней <b>Владеть:</b> методами решения типичных задач в области физики плазмы
	ИД 3. Умеет использовать фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач	<b>Знать:</b> типичные параметры плазмы в солнечной короне, солнечном ветре и магнитосфере Земли <b>Уметь:</b> составлять математическую модель процесса в плазме на основе имеющихся экспериментальных данных <b>Владеть:</b> навыками постановки физических задач в области физики плазмы.

ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	ИД 1. Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области физики и смежных областях	<b>Знать:</b> современные достижения в области физики плазмы и физики космического пространства <b>Уметь:</b> находить необходимую информацию, составлять обзор публикаций по рассматриваемой теме <b>Владеть:</b> навыками систематизации и анализа сведений, полученных из различных литературных источников
	ИД 5. Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, демонстрирует интегративные умения, необходимые для эффективного участия в академических и профессиональных дискуссиях, включая международные.	<b>Знать:</b> способы представления результатов научной деятельности на различных научных мероприятиях <b>Уметь:</b> систематизировать и структурировать полученные результаты для представления на научных мероприятиях, подготавливать соответствующие демонстрационные материалы с использованием современных компьютерных средств <b>Владеть:</b> навыками представления полученных результатов на научных семинарах и других мероприятиях, навыками обсуждения результатов научной деятельности

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
<b>Аудиторные занятия</b> (всего)	
В том числе:	
Лекции	36
Лабораторные работы	
Практические занятия	36
<b>Самостоятельная работа</b> (всего)	<b>36</b>
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	36
<b>Контактная работа</b> (всего)	36
<b>Общая трудоёмкость</b> (часы/зачетные единицы)	<b>144</b>

## **5. Содержание дисциплины**

### **5.1. Содержание разделов и темы дисциплины**

#### **Раздел 1. Основные понятия физики плазмы**

- 1.1. Определение плазмы.
- 1.2. Квазинейтральность плазмы. Дебаевский радиус.
- 1.3. Плазменная частота.
- 1.4. Степень ионизации.
- 1.5. Влияние магнитного поля.

#### **Раздел 2. Движение частиц в электрических и магнитных полях**

- 2.1. Движение в однородном магнитном поле. Циклотронная частота.
- 2.2. Движение в однородных электрическом и магнитном полях.
- 2.3. Движение в неоднородном магнитном поле.
- 2.4. Адиабатические инварианты. Магнитная ловушка.

#### **Раздел 3. Столкновения частиц и процессы переноса в плазме**

- 3.1. Частота и сечение столкновений.
- 3.2. Длина свободного пробега.
- 3.3. Электропроводность плазмы.

#### **Раздел 4. Магнитная гидродинамика**

- 4.1. Уравнения магнитной гидродинамики.
- 4.2. Вмороженность плазмы.
- 4.3. Магнитогидродинамические волны.

#### **Раздел 5. Кинетическое описание плазмы**

- 5.1. Функция распределения.
- 5.2. Кинетическое уравнение.
- 5.3. Типичные функции распределения частиц в космической плазме.

#### **Раздел 6. Высокочастотные волны в холодной плазме**

- 6.1. Уравнения электромагнитного поля в плазме.
- 6.2. Дисперсионное уравнение.
- 6.3. Фазовая и групповая скорости.
- 6.4. Волны в плазме без магнитного поля.
- 6.5. Волны в плазме с магнитным полем.

#### **Раздел 7. Кинетическая теория волн в плазме**

- 7.1. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны.
- 7.2. Затухание Ландау. Пучковая неустойчивость.
- 7.3. Влияние магнитного поля.

#### **Раздел 8. Излучение в плазме**

- 8.1. Характеристики электромагнитного излучения.
- 8.2. Уравнение переноса. Закон Кирхгофа.
- 8.3. Поглощение из-за столкновений. Тормозное излучение.
- 8.4. Магнитотормозное излучение.

#### **Раздел 9. Особенности космической плазмы**

- 9.1. Плазма на Солнце.
- 9.2. Плазма в магнитосфере.
- 9.3. Плазма в межпланетном пространстве. Солнечный ветер.

## 5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары	
1	Основные понятия физики плазмы	12	4	0	4	0	4
2	Движение частиц в электрических и магнитных полях	12	4	0	4	0	4
3	Столкновения частиц и процессы переноса в плазме	12	4	0	4	0	4
4	Магнитная гидродинамика	12	4	0	4	0	4
5	Кинетическое описание плазмы	12	4	0	4	0	4
6	Высокочастотные волны в холодной плазме	12	4	0	4	0	4
7	Кинетическая теория волн в плазме	12	4	0	4	0	4
8	Излучение в плазме	12	4	0	4	0	4
9	Особенности космической плазмы	12	4	0	4	0	4
<b>Итого (часы)</b>		108	36	0	36	0	36
<b>Итого (з.е.)</b>		<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

## 5.3. Разделы и темы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик	№ № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1	Физика магнитосферы	Разделы 1-9
2	Производственная практика (Научно-исследовательская работа)	Разделы 1-9

## 5.4 Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1	2	3	4	5
1.	Раздел 1, темы 1.1-1.5	Интерактивная лекция	4	устный групповой опрос
2.	Раздел 2, темы 2.1-2.4	Интерактивная лекция	4	устный групповой опрос

3.	Раздел 3, темы 3.1-3.3	Интерактивная лекция	4	устный групповой опрос
4.	Раздел 4, темы 4.1-4.3	Интерактивная лекция	4	устный групповой опрос
5.	Раздел 5, темы 5.1-5.3	Интерактивная лекция	4	устный групповой опрос
6.	Раздел 6, темы 6.1-6.5	Интерактивная лекция	4	устный групповой опрос
7.	Раздел 7, темы 7.1-7.3	Интерактивная лекция	4	устный групповой опрос
8.	Раздел 8, темы 8.1-8.4	Интерактивная лекция	4	устный групповой опрос
9.	Раздел 9, темы 9.1-9.3	Интерактивная лекция	4	устный групповой опрос

#### 5.5 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.	Раздел 1, темы 1.1-1.5	Практическая работа: Основные понятия физики плазмы	4	устный групповой опрос, решение предложенных преподавателем задач, выступление с рефератом
2.	Раздел 2, темы 2.1-2.4	Практическая работа: Движение частиц в электрических и магнитных полях	4	устный групповой опрос, решение предложенных преподавателем задач, выступление с рефератом
3.	Раздел 3, темы 3.1-3.3	Практическая работа: Столкновения частиц и процессы переноса в плазме	4	устный групповой опрос, решение предложенных

				преподавателем задач, выступление с рефератом
4.	Раздел 4, темы 4.1-4.3	Практическая работа: Магнитная гидродинамика	4	устный групповой опрос, решение предложенных преподавателем задач, выступление с рефератом
5.	Раздел 5, темы 5.1-5.3	Практическая работа: Кинетическое описание плазмы	4	устный групповой опрос, решение предложенных преподавателем задач, выступление с рефератом
6.	Раздел 6, темы 6.1-6.5	Практическая работа: Высокочастотные волны в холодной плазме	4	устный групповой опрос, решение предложенных преподавателем задач, выступление с рефератом
7.	Раздел 7, темы 7.1-7.3	Практическая работа: Кинетическая теория волн в плазме	4	устный групповой опрос, решение предложенных преподавателем задач, выступление с рефератом
8.	Раздел 8, темы 8.1-8.4	Практическая работа: Излучение в плазме	4	устный групповой опрос, решение предложенных преподавателем задач, выступление с рефератом
9.	Раздел 9, темы 9.1-9.3	Практическая работа: Особенности	4	устный групповой опрос, решение



		космической плазмы		предложенных преподавателем задач, выступление с рефератом
--	--	--------------------	--	--

### 5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
<b>1</b>	1.1. Определение плазмы. 1.2. Квазинейтральность плазмы. Дебаевский радиус. 1.3. Плазменная частота. 1.4. Степень ионизации. 1.5. Влияние магнитного поля.	Изучение теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и ресурсов, доступных через Интернет; подготовка реферата	Выяснить основные численные характеристики и плазмы и их значения в различных условиях на Земле и в космосе	п. 1-8	<b>4</b>
<b>2</b>	2.1. Движение в однородном магнитном поле. Циклотронная частота. 2.2. Движение в однородных электрическом и магнитном полях. 2.3. Движение в неоднородном магнитном поле. 2.4. Адиабатические инварианты. Магнитная ловушка.	Изучение теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и ресурсов, доступных через Интернет; подготовка реферата	Изучить особенности движения заряженных частиц в электрическом и магнитном поле и уравнения, используемые для описания этого движения.	п. 1-8	<b>4</b>
<b>3</b>	3.1. Частота и сечение столкновений. 3.2. Длина свободного пробега. 3.3. Электропроводность плазмы.	Изучение теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и ресурсов, доступных через Интернет; подготовка	Изучить процессы столкновений частиц в плазме, основные численные характеристики этого процесса и влияние столкновений на электрический	п. 1-8	<b>4</b>

		реферата	ток и распространение ускоренных частиц в плазме.		
<b>4</b>	4.1. Уравнения магнитной гидродинамики. 4.2. Вмороженность плазмы. 4.3. Магнитогидродинамические волны.	Изучение теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и ресурсов, доступных через Интернет; подготовка реферата	Изучить уравнения магнитной гидродинамики, их область применимости и основные следствия. Выяснить основные свойства и характеристики магнитогидродинамических волн в плазме.	п. 1-8	<b>4</b>
<b>5</b>	5.1. Функция распределения. 5.2. Кинетическое уравнение. 5.3. Типичные функции распределения частиц в космической плазме.	Изучение теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и ресурсов, доступных через Интернет; подготовка реферата	Изучить кинетический подход к описанию плазмы, включая различные виды функций распределения и варианты кинетического уравнения.	п. 1-8	<b>4</b>
<b>6</b>	6.1. Уравнения электромагнитного поля в плазме. 6.2. Дисперсионное уравнение. 6.3. Фазовая и групповая скорости. 6.4. Волны в плазме без магнитного поля. 6.5. Волны в плазме с магнитным полем.	Изучение теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и ресурсов, доступных через Интернет; подготовка реферата	Изучить подходы к описанию электромагнитных и электростатических волн в плазме и основные характеристики этих волн. Изучить виды волн в холодной плазме.	п. 1-8	<b>4</b>
<b>7</b>	7.1. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. 7.2. Затухание Ландау. Пучковая неустойчивость. 7.3. Влияние	Изучение теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и	Изучить виды высокочастотных волн в нехолодной плазме, ознакомиться с механизмами	п. 1-8	<b>4</b>

	магнитного поля.	ресурсов, доступных через Интернет; подготовка реферата	их усиления и поглощения.		
<b>8</b>	8.1. Характеристики электромагнитного излучения. 8.2. Уравнение переноса. Закон Кирхгофа. 8.3. Поглощение из-за столкновений. Тормозное излучение. 8.4. Магнитотормозное излучение.	Изучение теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и ресурсов, доступных через Интернет; подготовка реферата	Ознакомиться с подходами к описанию электромагнитного излучения, включая его поляризацию и процессы переноса. Изучить основные механизмы генерации и поглощения излучения в космической плазме.	п. 1-8	<b>4</b>
<b>9</b>	9.1. Плазма на Солнце. 9.2. Плазма в магнитосфере. 9.3. Плазма в межпланетном пространстве. Солнечный ветер.	Изучение теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и ресурсов, доступных через Интернет; подготовка реферата	Ознакомиться с особенностями плазмы и плазменных процессов в различных ситуациях, важных для солнечно-земной физики.	п. 1-8	<b>4</b>

### 5.7. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов заключается в изучении теоретического курса по итогам лекций, с использованием конспектов, учебников и ресурсов, доступных через Интернет. Данный вид самостоятельной работы включает в себя:

- формулирование проблемных вопросов в результате самостоятельного изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;
- конспектирование;
- при необходимости, индивидуальные консультации у преподавателя.
- Написание рефератов в результате самостоятельной работы, их представление и обсуждение на семинарах приучает делать обобщения и выводы, вырабатывает умение логично излагать изучаемый материал, формирует творческий подход, способствует использованию полученных знаний для разнообразных практических задач, развивает самостоятельность в принятии решений, способность к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ,

способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Основная литература

Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1. Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. М.: Атомиздат, 1968.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
2. Александров А.Ф., Богданкевич Л.С., Рухадзе А.А. Основы электродинамики плазмы. М.: Высш. школа, 1978.	2
3. Железняков В.В. Электромагнитные волны в космической плазме. Генерация и распространение. М.: Наука, 1977.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

### 6.2. Дополнительная литература

Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
4. Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков. М.: Атомиздат, 1979.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
5. Альвен Г., Фельтхаммар К.-Г. Космическая электродинамика. Основные принципы. М.: Мир, 1967.	2
6. Ахиезер А.И. (ред.) Электродинамика плазмы. М.: Наука, 1974.	2
7. Бекефи Дж. Радиационные процессы в плазме. М.: Мир, 1971.	1
8. Каплан С.А., Цытович В.Н. Плазменная астрофизика. М.: Наука, 1972.	2

### 6.3. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Научная база данных Scopus (<https://www.scopus.com>)
- Научные данные (материалы) издательства Cambridge University Press (<http://www.cambridge.org>)

### 6.4. Информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>
- Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>
- Журналы Американского физического общества <http://publish.aps.org/>
- научная электронная библиотека + Российский Индекс Научного Цитирования <https://elibrary.ru>
- Международный каталог и поисковая система по публикациям в области астрофизики [http://adsabs.harvard.edu/abstract\\_service.html](http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html)

### 6.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:

- NASA ADS ([http://adsabs.harvard.edu/ads\\_abstracts.html](http://adsabs.harvard.edu/ads_abstracts.html)).
- Мир Уравнений (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics.htm>).

## 6.6. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

Microsoft Windows 10 Домашняя (Лицензионное соглашение Microsoft на использование операционной системы Windows подтвержденное лицензионным ключом R88NK-FTK6X-4M99C-9KK79-BKM6M, дата выдачи июнь 2018, бессрочно)

Microsoft Office Home and Business 2019 (Лицензионное соглашение Microsoft на использование продукта Office Home and Business 2019 подтвержденное лицензионным ключом VQ36H-WVFHJ-YRRC2-DJYQM-D27RZ, дата выдачи - сентябрь 2018, бессрочно)

7-Zip (Свободно распространяемое программное обеспечение на условиях лицензий: GNU Lesser General Public License, BSD 3-clause License, бессрочно)

Adobe Acrobat Reader DC (Лицензионное соглашение на программное обеспечение Adobe,)

Far Manager (Свободно распространяемое программное обеспечение на условиях лицензии Revised BSD license, бессрочно)

K-Lite Codec Pack (Свободно распространяемое программное обеспечение на условиях лицензии GNU Lesser General Public License, бессрочно)

Mozilla FireFox 1 (Свободно распространяемое программное обеспечение на условиях лицензии Mozilla Public License 2.0 (MPL), бессрочно)

Операционная система Ubuntu 18.04 (свободно распространяемое ПО)

Дистрибутив Python Anaconda (свободно распространяемое ПО)

Офисный пакет Libre Office (свободно распространяемое ПО)

## 7. Образовательные технологии

	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	лекция	изложение теоретического материала с использованием презентаций	получение теоретических знаний по дисциплине
2	практическая работа	коллективное и индивидуальное решение предложенных преподавателем и/или студентами проблем/задач	углубление теоретических знаний по дисциплине; получение навыков практического использования этих знаний
3	самостоятельная работа студента	формулирование проблемных вопросов в результате самостоятельно го изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы; поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей; консультации у преподавателя	повышение степени понимания материала

## 8. Практическая подготовка

Практическая подготовка обучающихся в рамках реализации данной учебной дисциплины осуществляется на практических занятиях.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 30 посадочных мест, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: <ul style="list-style-type: none"><li>● ноутбук HP 15-da1101ur Windows 10 Home</li><li>● доска магнитно-маркерная BRAUBERG 236851 120x90 см (передвижная)</li><li>● доска магнитно-маркерная BRAUBERG 235525 180x120 см (на стену)</li><li>● Колонки 2.0 Thonet &amp; Vander Fleck 7</li><li>● экран для проектора Lumien Master Control LMC-100110 305x229 см</li><li>● проектор BenQ MU641 1920x1200</li></ul>
<i>Помещение для самостоятельной работы</i>	Аудитория оборудована: мебелью на 7 посадочных мест, доской маркерной, техническими средствами обучения <ul style="list-style-type: none"><li>• проектор BenQ MH733;</li><li>• Неттоп Lenovo ThinkCentre M710q 10MR006JRU (6 шт.);</li><li>• Монитор IIYAMA ProLite X2283HSU-B1DP (6 шт.);</li><li>• Неттоп Lenovo ThinkCentre M710q 10MRS04C00 (1 шт.)</li><li>• Монитор Dell E2417H (1 шт.)</li><li>• экран Lumien Eco Picture LEP-100101</li></ul> С неограниченным доступом к сети Интернет и в электронную информационно-образовательную среду.