



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и космической физики



УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

/ Н.М. Буднев

17 апреля 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.12 Физика ближнего космоса

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Солнечно-земная физика

Квалификация выпускника: бакалавр


Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор

 Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:

общей и космической физики

Протокол № 8

от «22» марта 2024 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор

 Паперный В.Л.

Иркутск 2024 г.

## Содержание

<b>I. Цели и задачи дисциплины (модуля) .....</b>	<b>3</b>
<b>II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО .....</b>	<b>3</b>
<b>III. Требования к результатам освоения дисциплины .....</b>	<b>3</b>
<b>IV. Содержание и структура дисциплины (модуля) .....</b>	<b>4</b>
4.1. <i>Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....</i>	<i>5</i>
4.2. <i>План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....</i>	<i>6</i>
4.3. <i>Содержание учебного материала .....</i>	<i>7</i>
4.3.1. <i>Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....</i>	<i>9</i>
4.3.2. <i>Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) .....</i>	<i>9</i>
4.4. <i>Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....</i>	<i>10</i>
4.5. <i>Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....</i>	<i>10</i>
<b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>11</b>
а) <i>перечень литературы .....</i>	<i>11</i>
б) <i>периодические издания .....</i>	<i>12</i>
в) <i>список авторских методических разработок .....</i>	<i>12</i>
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....</i>	<i>12</i>
<b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>12</b>
6.1. <i>Учебно-лабораторное оборудование: .....</i>	<i>12</i>
6.2. <i>Программное обеспечение: .....</i>	<i>13</i>
6.3. <i>Технические и электронные средства: .....</i>	<i>13</i>
<b>VII. Образовательные технологии .....</b>	<b>13</b>
<b>VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации .....</b>	<b>13</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС .....</b>	<b>18</b>

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой по направлению подготовки 03.03.02 Физика, по профилю подготовки «Солнечно-земная физика» предназначена для обеспечения курса «Физика ближнего космоса», изучаемого студентами в течение седьмого семестра.

Основная *цель* курса – дать студентам основные представления о плазме ближнего космоса, ее свойствах и методах ее изучения.

Для достижения данной цели поставлены *задачи*:

- изучить основные понятия физики околоземной (магнитосферной) плазмы;
- познакомиться с основными методами исследований, применяемыми в физике околоземной (магнитосферной) плазмы.

## II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Физика ближнего космоса» является профильной дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 03.03.02 Физика, и изучается студентами в 7-м семестре после освоения базовых дисциплин и физики плазмы.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

Курс Физики ближнего космоса, согласно положениям федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования при подготовке бакалавра по направлению 03.03.02 Физика, позволяет студенту приобрести следующие компетенции:

- Способен использовать специализированные знания в области физики и астрофизики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1).

В результате изучения дисциплины курса «Физика ближнего космоса» студент должен:

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1	ИДК ПК.1.1 Способен проводить анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений, используя специализированные знания в области физики и астрофизики	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• свойства геомагнитного поля;</li> <li>• основные свойства плазмы солнечного ветра;</li> <li>• механизмы пересоединения в лобовой области магнитосферы;</li> <li>• структуру магнитного поля магнитосферы;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• свойства магнитосферной плазмы;</li> <li>• механизмы и свойства конвекции плазмы;</li> <li>• механизмы нагрева и ускорения частиц в магнитосферной плазме;</li> <li>• строение и свойства кольцевого тока;</li> <li>• глобальную систему электрических токов в магнитосферной плазме;</li> <li>• свойства продольных токов;</li> <li>• процессы взаимодействия магнитосферной и ионосферной плазмы;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять полученные знания для интерпретации физических процессов в космической плазме;</li> <li>• пользоваться основными формулами физики космической плазмы.</li> </ul> <p><b>Владеет и имеет представление:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• о структуре магнитосферы;</li> <li>• о процессах, происходящих в магнитосфере</li> <li>• о наземных и космических методах экспериментального исследования околоземной плазмы.</li> </ul>
--	--	---

#### IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов, в том числе 95 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 44 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. ГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ	7	21,1	4	6	8	0,1	7	Самостоятельное решение задач по данной теме
2	Раздел 2. СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР	7	20,1	4	6	6	0,1	8	
3	Раздел 3. ГЕОМАГНИТНАЯ ПОЛОСТЬ В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ	7	18,1	6	4	6	0,1	8	
4	Раздел 4. УДАРНАЯ ВОЛНА И ПЕРЕХОДНОЙ СЛОЙ.	7	18,2	6	4	6	0,2	8	
	Раздел 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ И КОНВЕКЦИЯ ПЛАЗМЫ В МАГНИТОСФЕРЕ	7	26,2	10	4	10	0,2	12	
	Раздел 6. УСКОРЕНИЕ ЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕННОМ СЛОЕ	7	22,2	8	6	8	0,2	8	
	Раздел 7. КОЛЬЦЕВОЙ ТОК	7	18,1	6	4	6	0,1	8	
	Контроль		10						Экзамен
	Экзамен		26						
	<b>Итого часов</b>		<b>180</b>	<b>44</b>	34	50	1	59	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное сред-ство	Учебно-методическое обеспечение СР
		Вид самостоятельной работы	Сроки выпол-нения	Трудоемкость (час.)		
6	Все темы	- изучение теоретической части практических заданий; - самостоятельное решение задач по текущей теме	В течение все-го семестра	54	Решение задач	Вся рекомендуемая литература
6	ВСЕ ТЕМЫ	Подготовка к экзамену	К концу се-местра	5	Опрос	
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				59		

### 4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1. ГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

- 1.1. Механизм динамо в земном ядре.
- 1.2. Геомагнитное поле в дипольном приближении.
- 1.3. Сферический гармонический анализ геомагнитного поля.

#### 2. СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР

- 2.1. Физический механизм истечения солнечного ветра.
- 2.2. Свойства солнечного ветра.
- 2.3. Межпланетное магнитное поле.

#### 3. ГЕОМАГНИТНАЯ ПОЛОСТЬ В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ

- 3.1. Следствие теоремы вмороженности для процесса натекания солнечного ветра на магнитосферу.
- 3.2. Граница плазма – магнитное поле.
- 3.3. Механическое равновесие на границе магнитосферы и ее глобальная форма.
- 3.4. Механическое равновесие хвоста магнитосферы и плазменный слой.

#### 4. УДАРНАЯ ВОЛНА И ПЕРЕХОДНОЙ СЛОЙ

- 4.1. Ударные волны в газе и плазме.
- 4.2. Ударная волна в солнечном ветре, отошедшая от магнитосферы.
- 4.3. Свойства плазмы и магнитного поля в переходном слое.

#### 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ И КОНВЕКЦИЯ ПЛАЗМЫ В МАГНИТОСФЕРЕ

- 5.1. Пересоединение магнитного поля в лобовой области при южном ММП.
- 5.2. Пересоединение при произвольном направлении ММП.
- 5.3. Квазивязкое взаимодействие.
- 5.4. Электрическое поле утро-вечер и глобальная картина конвекции.
- 5.5. Коротация плазмосферы и ее форма.

#### 6. УСКОРЕНИЕ ЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕННОМ СЛОЕ

- 6.1. Конвекция плазмы в плазменном слое и ее нагрев.
- 6.2. Расчет мощности нагрева и максимальной энергии частиц.
- 6.3. Влияние электрического и магнитного дрейфа на движение высокоэнергичных частиц.

#### 7. КОЛЬЦЕВОЙ ТОК

- 7.1. Ближняя часть плазменного слоя – кольцевой ток.
- 7.2. Движение частиц кольцевого тока. Кольцевой электрический ток.

7.3. Ионосферные ионы в кольцевом токе.

7.4. Механизмы потерь частиц кольцевого тока.

7.5. Магнитное поле кольцевого тока. Формула Паркера – Десслера.

7.6.  $D_{st}$  - вариации.

7.7. Радиационные пояса.

## 8. ПРОДОЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТОКИ

8.1. Возникновение электрического поля в магнитной ловушке.

8.2. Продольные электрические поля в магнитосфере.

8.3. Продольные токи зон 1 и 2.

8.4. Двойной электрический слой и ускорение частиц.

## 9. ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ

9.1. Морфология сияний. Авроральный овал.

9.2. Механизмы свечения в полярных сияниях.

9.3. Диффузные сияния и красные дуги.

9.4. Авроральные спокойные дуги.

## 10. МАГНИТОСФЕРНАЯ СУББУРЯ

10.1. Усиление конвекции и подготовительная фаза суббури.

10.2. Физический механизм пересоединения в хвосте магнитосферы.

10.3. Картина суббурового взрыва в магнитосфере. Микросуббури.

10.4. Система электрических токов суббури.

10.5. Суббуря в полярных сияниях.

10.4. Вариации магнитного поля.

10.5. Восстановительная фаза суббури.

10.6. Реакция магнитосферы на солнечную вспышку.

10.7. Космическая погода.

## 11. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТОСФЕРЫ

11.1. Глобальная наземная магнитометрическая система ИНТЕРМАГНЕТ.

11.2. Локальные магнитометрические сети высокого разрешения.

11.3. Радары некогерентного рассеяния.

11.4. Методы исследования полярных сияний.

11.5. Космические аппараты.

11.6. Миссии CLUSTER и THEMIS.



**4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1.2. Геомагнитное поле в дипольном приближении.	1. Вывод основных формул дипольного магнитного поля.	8	Решение задач, контрольная работа, устный опрос	ПК1
2.	3.3. Механическое равновесие на границе магнитосферы и ее глобальная форма. 3.4. Механическое равновесие хвоста магнитосферы и плазменный слой.	1. Вывод и решение уравнения для формы магнитосферы. 2. Равновесие сил газодинамического, магнитного давлений и натяжения силовых линий в хвосте магнитосферы.	6	Решение задач, контрольная работа, устный опрос	
3.	5.4. Электрическое поле утро-вечер и глобальная картина конвекции. 5.5. Коротация плазмосферы и ее форма.	1. Вывод и решение уравнения для линий тока магнитосферной конвекции с учетом поля утро-вечер и поля коротации.	12	Решение задач, контрольная работа, устный опрос	
4.	7.2. Движение частиц кольцевого тока. Кольцевой электрический ток.	1. Вывод и решение уравнения движения высокоэнергичных частиц с учетом электрического и магнитного дрейфов.	10	Решение задач, контрольная работа, устный опрос	
5.	11.1. Глобальная наземная магнитометрическая система ИНТЕРМАГNET.	1. Методы обработки и анализа магнитограмм.	14	Решение задач, контрольная работа, устный опрос	

**4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)**

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	ИДК
1.	Геомагнитное поле в дипольном приближении.	самостоятельное решение задач	Решить задачу	[1]	<i>ИДК ПК.1.1</i>
2.	Механическое равновесие на границе магнитосферы и ее глобальная	самостоятельное решение задач	Решить задачу	[1,2]	<i>ИДК ПК.1.1</i>

	форма.				
3.	Электрическое поле утро-вечер и глобальная картина конвекции.	самостоятельное решение задач	Решить задачу	[2]	<i>ИДК ПК.1.1</i>
4.	Коротация плазмосферы и ее форма.	самостоятельное решение задач	Решить задачу	[2]	<i>ИДК ПК.1.1</i>
5.	Движение частиц кольцевого тока. Кольцевой электрический ток.	- самостоятельное решение задач; - решение домашней задачи; - подготовка к контрольной работе	Решить все задачи	[1,2]	<i>ИДК ПК.1.1</i>
6.	Все темы	-ответы на контрольные вопросы;	Вопросы для текущего контроля (прилагаются)	Вся рекомендуемая литература	<i>ИДК ПК.1.1</i>
7.	Текущие консультации				
8.	Подготовка к экзамену				

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Теоретические знания студенты получают и закрепляют на практических занятиях, а также при самостоятельном изучении курса по литературным источникам. Полученные знания закрепляются при выполнении контрольной работы

При выполнении контрольной работы обращается особое внимание на выработку у студентов умения пользоваться научно-технической литературой, грамотно выполнять и оформлять документацию.

Решение задач представляет собой главный вид самостоятельной работы студентов. Она включает обработку конспектов с разобранными преподавателем задачами путем систематизации материала, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных алгоритмов решения однотипных задач. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

В конце каждого занятия за самостоятельно решенные задачи выставляются баллы, кроме того проводится разбор типовых ошибок при решении.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Рефераты и курсовые не предусмотрены.

**V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)****а) перечень литературы***основная литература*

- 1) Мурзин, В. С. Астрофизика космических лучей [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 487 с. ; нет. - (Классический университетский учебник). - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-98704-171-6
- 2) Синеговский, С. И. Космические нейтрино высоких энергий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. И. Синеговский. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.

*дополнительная литература*

- 1) Рожанский, В. А. Теория плазмы [Электронный ресурс] / В. А. Рожанский. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань, 2012. - 320 с. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1233-4.

*сверено с ГИБ ИГУ*

б) *периодические издания*

- нет.

в) *список авторских методических разработок*

1. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу

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 ВИНТИ (<http://www.viniti.ru>)
- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» <HTTPS://ISU.BIBLIOTECH.RU/>
- ЭБС «ЛАНЬ» <HTTP://E.LANBOOK.COM/>
- ЭБС «РУКОНТ» <HTTP://RUCONT.RU>
- ЭБС «АЙБУКС» <HTTP://IBOOKS.RU>
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

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

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Для проведения практических занятий в качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные походы и исследования в области физики ближнего космоса.

### **6.2. Программное обеспечение:**

минимальный набор программ, необходимый для демонстрации презентаций, стандартные средства Windows для доступа в Интернет и чтения электронных версий статей и монографий.

### **6.3. Технические и электронные средства:**

На аудиторных занятиях могут использоваться мультимедийные средства: переносной проектор (CASIO XJ-A241), стационарный настенный экран (Classic Solution, 244x244), ноутбук Lenovo B590.

## **VII. Образовательные технологии**

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **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

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

### **8.1.1. Оценочные средства для входного контроля**

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

### **8.1.2. Оценочные средства текущего контроля**

Данная дисциплина обеспечивает главным образом формирование профессиональных компетенций (указаны выше) будущих выпускников.

Пример практического задания**ЗАДАНИЕ 1 Кольцевой ток и его магнитное поле****УСТНО:**

1. Движение заряженных частиц в дипольном поле.
2. Механизмы потерь частиц кольцевого тока.
3. Динамика кольцевого тока в течение суббури.

**ПИСЬМЕННО:**

1. Вычислить раствор конуса потерь частиц кольцевого тока на экваторе, считая, что теряются только те частицы, которые достигают ионосферы.
2. Вычислить период дрейфового оборота вокруг Земли частицы с энергией 50 кэВ, находящейся на орбите радиусом  $5 R_E$  в экваториальной плоскости.
3. Вычислить кинетическую энергию кольцевого тока, создающего вариацию  $D_{st} = 100 \gamma$ .

Примерный список устных вопросов:

1. Геометрия дипольного магнитного поля.
2. Вековые вариации геомагнитного поля.
3. Параметры солнечного ветра и ММП на орбите Земли.
4. Равновесие динамического давления солнечного ветра и давления магнитного поля магнитосферы на магнитопаузе.
5. Поперечный ток хвоста магнитосферы.
6. Движение частиц в магнитном поле. Магнитный момент частицы, гирочастота и ларморовский радиус.
7. Основные положения теории Спрайтера обтекания магнитосферы.
8. Модель Данжи конвекции плазмы.
9. Электрическое поле в магнитосфере при восточном ММП.
10. Модель конвекции Аксфорда и Хайнса.
11. Дрейф и ускорение частиц плазменного слоя.
12. Движение высокоэнергичных частиц в земной магнитной ловушке.
13. Питч-угловая диффузия и высыпания частиц кольцевого тока.
14. Геокорона горячих нейтральных атомов.
15. Экваториальная депрессия геомагнитного поля.
16. Причина возникновения продольного электрического поля.
17. Торможение высокоэнергичных частиц в атмосфере.
18. Авроральный овал – проекция плазменного слоя.
19. Подготовительная, взрывная и восстановительная фазы суббури.
20. Суббуревая динамика полярных сияний.
21. Суббуревая токовая система и вариации геомагнитного поля.
22. Геомагнитные пульсации.
23. Влияние суббурь на спутниковые системы.
24. Наземные магнитометрические сети.
25. Методы исследования магнитосферы космическими аппаратами.
26. Результаты миссий CLUSTER и THEMIS.

### 8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

#### Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Контрольная работа	Геомагнитное поле в дипольном приближении.	ПК-1
2.	Контрольная работа	Механическое равновесие на границе магнитосферы и ее глобальная форма.	ПК-1
3.	Контрольная работа	Электрическое поле утро-вечер и глобальная картина конвекции.	ПК-1
	Контрольная работа	Коротация плазмосферы и ее форма.	ПК-1
	Контрольная работа	Движение частиц кольцевого тока. Кольцевой электрический ток.	ПК-1
4.	Опрос	Все разделы	ПК-1
5.	Экзамен	Все разделы	ПК-1

#### Критерии оценок знаний итогового контроля бакалавров

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

##### Примерный список вопросов к экзамену:

- 1) Механизм динамо в земном ядре.
- 2) Геомагнитное поле в дипольном приближении.
- 3) Сферический гармонический анализ геомагнитного поля.
- 4) Физический механизм истечения солнечного ветра.
- 5) Свойства солнечного ветра. Межпланетное магнитное поле.
- 6) Следствие теоремы вмороженности для процесса натекания солнечного ветра на магнитосферу. Граница плазма – магнитное поле.
- 7) Механическое равновесие на границе магнитосферы и ее глобальная форма.
- 8) Механическое равновесие хвоста магнитосферы и плазменный слой.
- 9) Ударные волны в газе и плазме. Ударная волна в солнечном ветре, отошедшая от магнитосферы.
- 10) Свойства плазмы и магнитного поля в переходном слое.
- 11) Пересоединение магнитного поля в лобовой области при южном ММП. Пересоединение при произвольном направлении ММП.

- 12) Квазивязкое взаимодействие.
- 13) Электрическое поле утро-вечер и глобальная картина конвекции.
- 14) Коротация плазмосферы и ее форма.
- 15) Конвекция плазмы в плазменном слое и ее нагрев. Расчет мощности нагрева и максимальной энергии частиц.
- 16) Влияние электрического и магнитного дрейфа на движение высокоэнергичных частиц.
- 17) Ближняя часть плазменного слоя – кольцевой ток. Движение частиц кольцевого тока. Кольцевой электрический ток.
- 18) Ионосферные ионы в кольцевом токе.
- 19) Механизмы потерь частиц кольцевого тока.
- 20) Магнитное поле кольцевого тока. Формула Паркера – Десслера.  $D_{st}$  - вариации.
- 21) Радиационные пояса.
- 22) Возникновение электрического поля в магнитной ловушке. Продольные электрические поля в магнитосфере.
- 23) Продольные токи зон 1 и 2.
- 24) Двойной электрический слой и ускорение частиц.
- 25) Морфология сияний. Авроральный овал.
- 26) Механизмы свечения в полярных сияниях.
- 27) Диффузные сияния и красные дуги. Авроральные спокойные дуги.
- 28) Усиление конвекции и подготовительная фаза суббури.
- 29) Физический механизм пересоединения в хвосте магнитосферы.
- 30) Картина суббурового взрыва в магнитосфере. Микросуббури.
- 31) Система электрических токов суббури.
- 32) Суббури в полярных сияниях.
- 33) Вариации магнитного поля.
- 34) Восстановительная фаза суббури.
- 35) Реакция магнитосферы на солнечную вспышку.
- 36) Космическая погода.
- 37) Глобальная наземная магнитометрическая система ИНТЕРМАГНЕТ. Локальные магнитометрические сети высокого разрешения.
- 38) Радары некогерентного рассеяния.
- 39) Методы исследования полярных сияний.
- 40) Космические аппараты. Миссии CLUSTER и THEMIS.



**Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п.Ш:**

1. Какие факторы приводят к дрейфу заряженных частиц вокруг Земли?
  - a) Давление плазмы
  - b) Градиент модуля магнитного поля
  - c) Кривизна силовых линий магнитного поля
  - d) И градиент модуля магнитного поля, и кривизна силовых линий магнитного поля
  
2. Какой слой атмосферы Земли располагается выше всего?
  - a) Стратосфера
  - b) Термосфера
  - c) Мезосфера
  - d) Тропосфера
  
3. Что такое экзосфера
  - a) Слой атмосферы, где можно пренебречь столкновениями частиц
  - b) Слой атмосферы, где градиент температуры направлен в сторону от Земли
  - c) Слой атмосферы, где скорость ветра превышает скорость звука
  - d) Слой атмосферы, где концентрация каждого элемента зависит от высоты своим собственным образом
  
4. При каких условиях в космической плазме развивается неустойчивость Кельвина-Гельмгольца?
  - a) Плазменное давление резко уменьшается с расстоянием от Земли
  - b) В плазме имеется пучок высокоэнергичных частиц
  - c) В плазме имеются два течения с резко различными скоростями по разные стороны границы
  - d) Функция распределения частиц является немаксвелловской
  
5. От чего зависит скорость дрейфа в электрическом поле?
  - a) Только от величины электрического поля
  - b) И от величины электрического поля, и от знака заряда частицы
  - c) Только от величины электрического поля
  - d) И от величины электрического поля, и от знака заряда частицы, и от энергии частицы, и от градиента давления плазмы
  
6. Электрический ток в ионосфере:
  - a) Направлен в сторону электрического поля
  - b) Направлен перпендикулярно к электрическому полю
  - c) Направлен под углом к электрическому полю, не равным  $90^\circ$
  - d) Направление тока не связано с направлением электрического поля

**Разработчик:**

Климушкин Д.Ю.

доцент, к.ф.-м.н.

Д.Ю., Климушкин

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

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ  
« 22 » марта 2024 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.**