



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

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.02.02 Физика магнитосферы

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Астрофизика высоких энергий

Квалификация выпускника: магистр

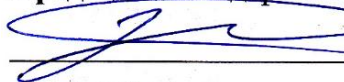
Форма обучения: очная

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

| | |
|---|-----------|
| I. Цели и задачи дисциплины (модуля)..... | 3 |
| II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО | 3 |
| III. Требования к результатам освоения дисциплины | 3 |
| IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)..... | 4 |
| 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>Перечень лекционных занятий.....</i> | <i>6</i> |
| 4.3. <i>Содержание учебного материала</i> | <i>6</i> |
| 4.3.1. <i>Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ</i> | <i>8</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>9</i> |
| 4.5. <i>Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)</i> | <i>10</i> |
| V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) | 11 |
| VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) | 12 |
| 6.1. <i>Учебно-лабораторное оборудование:</i> | <i>12</i> |
| 6.2. <i>Программное обеспечение:.....</i> | <i>12</i> |
| 6.3. <i>Технические и электронные средства:</i> | <i>13</i> |
| VII. Образовательные технологии..... | 13 |
| VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации | 13 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ: фонд оценочных средств | |

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой по направлению подготовки 03.04.02 - «Физика», по профилю подготовки «Астрофизика высоких энергий» предназначена для обеспечения курса «Физика магнитосферы», изучаемого студентами в течение второго 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 магнитосферы» входит в часть, формируемую участниками образовательных соотношений, блока Б1 ОПОП по направлению 03.04.02 Физика, является дисциплиной по выбору и изучается магистрантами в 2 семестре.

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ПК-1.

(согласно ФГОС подготовки магистров по направлению “Физика”):

- Способен использовать астрофизические методы в научных исследованиях (ПК-1).

В результате изучения дисциплины курса «Физика магнитосферы» студент должен:

Знать:

- свойства геомагнитного поля;
- основные свойства плазмы солнечного ветра;
- механизмы пересоединения в лобовой области магнитосферы;
- структуру магнитного поля магнитосферы;
- свойства магнитосферной плазмы;
- механизмы и свойства конвекции плазмы;
- механизмы нагрева и ускорения частиц в магнитосферной плазме;
- строение и свойства кольцевого тока;
- глобальную систему электрических токов в магнитосферной плазме;
- свойства продольных токов;
- процессы взаимодействия магнитосферной и ионосферной плазмы;

Уметь:

- применять полученные знания для интерпретации физических процессов в космической плазме;
- пользоваться основными формулами физики космической плазмы.

Владеть, иметь представление

- о структуре магнитосферы;
- о процессах, происходящих в магнитосфере
- о наземных и космических методах экспериментального исследования околоземной плазмы.

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

| Вид учебной работы | Всего часов / зачетных единиц | Семестры | | | |
|---|-------------------------------|----------|-----|---|---|
| | | 2 | | | |
| Аудиторные занятия (всего) | 42 | 42 | | | |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| Лекции | 20/0,5 | 18 | | | |
| Практические занятия (ПЗ) | 20/0,5 | 18 | | | |
| <i>Из них практическая подготовка</i> | 18 | 18 | | | |
| Лабораторные работы (ЛР) | | | | | |
| КСР | 6/0,11 | 6 | | | |
| Самостоятельная работа (всего) | 33 | 33 | | | |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| Расчетно-графические работы | | | | | |
| Решение задач | 33 | 33 | | | |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен) | 17/0,5 | 17 | | | |
| Общая трудоемкость зачетные единицы | часы | 108 | 108 | | |
| | | 3 | 3 | | |
| Контактная работа (всего) | 58 | 58 | | | |
| <i>Контроль</i> | 10 | 4 | | | |
| <i>Консультации</i> | 2 | 2 | | | |

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

| № п/п | Наименование раздела | Наименование темы | Виды занятий в часах | | | | | |
|-------|--|--|----------------------|-------------|--------|-----------|-----|-------|
| | | | Лекц. | Практ. зан. | Семина | Лаб. зан. | СРС | Всего |
| 1. | ГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ | Геомагнитное поле | 2 | 2 | | | 8 | 12 |
| 2. | СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР | Солнечный ветер | 2 | 2 | | | 8 | 12 |
| 3. | ГЕОМАГНИТНАЯ ПОЛОСТЬ В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ | Геомагнитная полость в солнечном ветре | 2 | 2 | | | 8 | 12 |
| 4. | УДАРНАЯ ВОЛНА И ПЕРЕХОДНОЙ СЛОЙ | Ударная волна и переходной слой | 2 | 2 | | | 8 | 12 |
| 5. | ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ И КОНВЕКЦИЯ ПЛАЗМЫ В МАГНИТОСФЕРЕ | Электрическое поле и конвекция плазмы в магнитосфере | 2 | 2 | | | 8 | 12 |
| 6. | УСКОРЕНИЕ ЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕННОМ СЛОЕ | Ускорение частиц в плазменном слое | 1 | 1 | | | 8 | 10 |
| 7. | КОЛЬЦЕВОЙ ТОК | Кольцевой ток | 1 | 1 | | | 8 | 10 |
| 8. | ПРОДОЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТОКИ | Продольные электрические токи | 1 | 1 | | | 4 | 6 |
| 9. | ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ | Полярные сияния | 1 | 1 | | | 4 | 6 |

| | | | | | | | | |
|-----|--|--|---|---|--|--|---|---|
| 10. | МАГНИТО-СФЕРНАЯ СУББУРЯ | Магнитосферная суббуря | 2 | 2 | | | 5 | 9 |
| 11 | ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТОСФЕРЫ | Экспериментальные методы исследования магнитосферы | 2 | 2 | | | 4 | 8 |

4.2. Перечень лекционных занятий

| № п/п | № раздела и темы дисциплины (модуля) | Наименование используемых технологий | Трудоемкость (часы) | Оценочные средства | Формируемые компетенции | |
|-------|--|--|---------------------|--------------------|-------------------------|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1. | Геомагнитное поле | Информационная лекция с элементами лекции-визуализации | 2 | Приведены в п.11 | ПК1 | |
| 2. | Солнечный ветер | | 2 | | ПК1 | |
| 3. | Геомагнитная полость в солнечном ветре | | 2 | | | |
| 4. | Ударная волна и переходной слой | | 2 | | | |
| 5. | Электрическое поле и конвекция плазмы в магнитосфере | Проблемная лекция | 24 | | | |
| 6. | Ускорение частиц в плазменном слое | Информационная лекция с элементами лекции-визуализации | 1 | | | ПК1 |
| 7. | Кольцевой ток | | 1 | | | ПК1 |
| 8. | Продольные электрические токи | | 1 | | | |
| 9. | Полярные сияния | | 1 | | | |
| 10. | Магнитосферная суббуря | | 2 | | | |
| 11. | Экспериментальные методы исследования магнитосферы | Проблемная лекция | 2 | | | |

4.3. Содержание учебного материала

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. Суббурия 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. | 4 | Решение задач, контрольная ра- | |

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|-----|
| | | | | бота, 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. | 4 | 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. | 4 | 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. | 4 | Решение задач, контрольная работа, устный опрос | |
| 5. | 11.1. Глобальная наземная магнитометрическая система ИНТЕРМАГ-НЕТ. | 1. Методы обработки и анализа магнитограмм. | 2 | 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 | Количество часов |
|--------|----------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1. | Все темы | Решение задач | Решить самостоятельно домашнюю задачу | Вся рекомендуемая литература | 73 |

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

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, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении практических работ и решении задач.
- 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 студентом учебных и творческих задач.

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

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

Рефераты не предусмотрены.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

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) Солнечно-земная физика [Текст] : сб. науч. тр. / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики; ред. Г. А. Жеребцов. - Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1963. - Вып. 24 (137). - 2013. - 88 с. – (1 экз).
- 2) Солнечно-земная физика [Текст] : сб. науч. тр. / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики; ред. Г. А. Жеребцов. - Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1963. - 29 см. Вып. 25 (138). - 2014. - 56 с. – (1 экз).
- 3) Солнечно-земная физика [Текст] : науч. журнал / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики; ред. Г. А. Жеребцов. - М. : Инфра-М, 2014. - 29 см. Т. 1, № 1. - 2015. - 121 с. – (1 экз).
- 4) Солнечно-земная физика : сб. науч. тр./ Рос. акад. наук, Сибирское отд-ние, Ин-т солн.-зем. физики; [ред. Г. А. Жеребцов]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – Вып. 17 (130): Статьи подготовлены на основе докладов, представленных на Всероссийской конференции "Солнечно-земная физика", посвященной 50-летию создания ИСЗФ СО РАН. Иркутск, 28 июня - 1 июля 2010 г.. – 2011. – 192 с. – (1 экз).
- 5) Малов, И.Ф. Механизмы космического излучения [Текст] : учеб. пособие / И. Ф. Малов ; Пушчинский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева, Астрокосм. центр, Пушчинская радиоастроном. обсерватория. - М. : Либликом, 2010. - 158 с. ; 22 см. - Библиогр.: с. 143. - ISBN 978-5-397-01333-8. – (1 экз).
- 6) Комплексная и пылевая плазма. Из лаборатории в космос [Текст] : пер. с англ. / ред.: В. Е. Фортов, Г. Е. Морфилл. - М. : Физматлит, 2012. - 443 с. : ил., цв. ил. ; 24 см. - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 439-443. - Пер. изд. : Complex and Dusty Plasmas. From Laboratory to Space. - Boca, 2010. - ISBN 978-5-9221-1432-5. – (1 экз).

б) *периодические издания*

- нет необходимости.

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
- В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данной дисциплине.
- Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНИТИ (<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 подходы 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:

Во время занятий для пояснения поставленных в практических заданиях студентам демонстрируются на экране дополнительные и вспомогательные материалы (презентации, примеры типичных схем, типовые характеристики). В качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела.

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 магистров.

Текущий контроль успеваемости магистрантов осуществляется по следующим критериям оценивания уровня приобретенных компетенций:

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
 - 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

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 растров 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

Критерии оценок знаний итогового контроля магистров

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

Оценка "ОТЛИЧНО" выставляется магистранту, который глубоко усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно и логически его излагает, тесно увязывает теорию с практикой. При этом не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами в практических работах, показывает осведомленность в знании основной и дополнительной литературы, нормативных документов, грамотно обосновывает принятые решения.

Оценка "ХОРОШО" выставляется магистру, который твердо знает программный материал, 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 "УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО" выставляется магистру, который освоил ключевые разделы основного материала, в пределах конспекта лекций, но не усвоил остальные разделы программы дисциплины, недостаточно ознакомился с основной и нормативной литературой по дисциплине, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала и ощущает затруднения в выполнении практических работ.

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

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.III:

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°*
- d) *Направление тока не связано с направлением электрического поля*

Разработчик:

Доцент ИГУ, к.ф.-м.н.

Д.Ю., Климушкин

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.