



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и космической физики



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.09\_Экспериментальные методы в геофизике

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>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>9</i>  |
| <b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....</b>  | <b>10</b> |
| а) <i>перечень литературы .....</i>  | <i>10</i> |
| б) <i>периодические издания.....</i>   | <i>11</i> |
| в) <i>список авторских методических разработок .....</i>   | <i>11</i> |
| г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....</i>  | <i>11</i> |
| <b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>   | <b>11</b> |
| 6.1. <i>Учебно-лабораторное оборудование: .....</i>  | <i>11</i> |
| 6.2. <i>Программное обеспечение: .....</i>   | <i>12</i> |
| 6.3. <i>Технические и электронные средства: .....</i>  | <i>12</i> |
| <b>VII. Образовательные технологии.....</b>  | <b>12</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 модуля разработана в соответствии с основной образовательной программой по направлению подготовки 03.03.02 Физика, по профилю подготовки «Солнечно-земная физика» предназначена для обеспечения курса «Экспериментальные методы геофизике», изучаемого студентами в течение шестого семестра.

Основная *цель* курса – дать студентам основные представления об экспериментальных методах в солнечно-земной физике, современной диагностической аппаратуре, способах обработки данных и изображений; способствовать развитию их интеллекта, творческих способностей, критического мышления и эрудиции в ходе проведения исследований, анализа явлений, восприятия и интерпретации получаемой информации.

Для достижения данной цели поставлены *задачи*:

- изучить теоретические основы экспериментальных методов в солнечно-земной физике;
- познакомиться с современной диагностической аппаратурой;
- изучить теоретические и практические основы методов обработки данных и изображений;
- изучить проблемы в диагностических задачах солнечно-земной физики.

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

Дисциплина «Экспериментальные методы в геофизике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1. Она изучается студентами в 6-м семестре после освоения большинства курсов общей физики и части курсов теоретической физики.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих **компетенций**:

- Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2).

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

| <b>Компетенция</b> | <b>Индикаторы компетенций</b>  | <b>Результаты обучения</b>  |
|--------------------|--|---|
| <i>ПК-2</i>        | <i>ИДК ПК.2.1</i><br>Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок | <p><b>Знает:</b><br/>основные экспериментальные методы в солнечно-земной физике, используемые для диагностики характеристик Солнца, геомагнитного поля и ионосферы Земли.</p> <p><b>Умеет:</b><br/>использовать методы обработки экспериментальных данных, применяемые в солнечно-земной физике</p> <p><b>Владеет:</b><br/>навыками самостоятельной обработки экспериментальных данных.</p> |

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

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, в том числе 63 часов контактной работы.

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

На практическую подготовку отводится 28 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

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

| №<br>п/н                  | Раздел дисциплины/тема   | Семестр | Всего часов | Из них практическая<br>подготовка обучающихся | Виды учебной работы,<br>включая самостоятельную работу обучающихся,<br>практическую подготовку и трудоемкость<br>(в часах) |  |                  |                            | Формы текущего<br>контроля<br>успеваемости;<br>Форма промежуточной<br>аттестации<br>(по семестрам) |
|---------------------------|--|---------|-------------|---|--|--|------------------|----------------------------|--|
|                           |  |         |             |   | Контактная работа преподавателя с<br>обучающимися  |  |                  | Самостоятельна<br>я работа |  |
|                           |  |         |             |   | Лекции   | Семинарские/<br>практические/<br>лабораторные<br>занятия | Консуль<br>тации |                            |  |
| 1                         | 2  | 3       | 4           | 5   | 6  | 7  | 8                | 9                          | 10   |
| 1                         | Раздел 1. МЕТОДЫ И ТЕХНИКА<br>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ<br>СОЛНЦА В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ                            | 6       | 18,2        | 6   |  | 10   | 0,2              | 8                          | Отчёт по<br>лабораторной<br>работе, контрольные<br>вопросы   |
| 2                         | Раздел 2. СОЛНЕЧНЫЕ РАДИОТЕЛЕСКОПЫ.  | 6       | 21,2        | 6   |  | 12   | 0,2              | 9                          |  |
| 3                         | Раздел 3. ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ<br>ЗЕМЛИ.   | 6       | 20,2        | 5   |  | 10   | 0,2              | 10                         |  |
| 4                         | Раздел 4. МЕТОД ВЕРТИКАЛЬНОГО<br>ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ.   | 6       | 22,2        | 6   |  | 12   | 0,2              | 10                         |  |
| 5                         | Раздел 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ<br>НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ<br>(ГНСС) ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ<br>ИОНОСФЕРЫ. | 6       | 18,2        | 5   |  | 10   | 0,2              | 8                          |  |
|                           | Контроль   |         | 8           |   |  |  |                  |                            | Опрос с учётом оценок<br>за семестровые<br>лабораторные работы                                     |
|                           | Зачёт  |         |             |   |  |  |                  |                            | Зачёт  |
| <b><u>Итого часов</u></b> |  |         | <b>108</b>  | <b>28</b>                                     |  | <b>54</b>  | <b>1</b>         | <b>45</b>                  |  |

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

| Семестр  | Название раздела, темы | Самостоятельная работа обучающихся  |                   |                     | Оценочное средство                   | Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы |
|--|------------------------|---|-------------------|---------------------|--------------------------------------|--|
|  |                        | Вид самостоятельной работы  | Сроки выполнения  | Трудоемкость (час.) |                                      |  |
| 6  | Все темы               | - изучение теоретической части практических заданий;<br>- оформление отчета;<br>- подготовка к защите | В начале семестра | 40                  | Отчёт, ответы на контрольные вопросы | Вся рекомендуемая литература                           |
| 6  | ВСЕ ТЕМЫ               | Работа с методическими материалами. Подготовка к зачёту   | К концу семестра  | 5                   | Опрос                                |  |
| Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) |                        |   |                   | 45                  |                                      |  |

### 4.3. Содержание учебного материала

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. *МЕТОДЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОЛНЦА В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ*
  - 1.1. Цели и задача оптических наблюдений Солнца.
  - 1.2. Солнечный спектр.
  - 1.3. Основы поляризационной оптики.
  - 1.4. Средства для регистрации оптических сигналов в наблюдательной астрономии.
  - 1.5. Исследование движений в солнечной атмосфере.
  - 1.6. Исследования магнитных полей на Солнце.
  - 1.7. Экспериментальное определение вида фазовой пластинки и определение направления ее осей.
  - 1.8. Редукция временных рядов с использованием специальных и стандартных программ, получение спектров мощности лучевых скоростей и магнитных полей
  - 1.9. Знакомство с устройством большого солнечного вакуумного телескопа, горизонтального солнечного телескопа, коронографа, телескопа оперативных прогнозов.
2. *СОЛНЕЧНЫЕ РАДИОТЕЛЕСКОПЫ*
  - 2.1. Радиоизлучение Солнца.
  - 2.2. Солнечные радиометры и спектрополя-риметры.
  - 2.3. Солнечные радиоинтерферометры.
  - 2.4. Зачем нужны радионаблюдения Солнца солнечно-земной физике?
  - 2.5. Методы калибровок солнечных радиотелескопов, обработка данных солнечных радиоинтерферометров – построение изображений.
3. *ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ*
  - 3.1. Общая теория геомагнитного поля
  - 3.2. Современные методы и средства изучения магнитного поля.
4. *МЕТОД ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ*
  - 4.1. Теоретические основы вертикального зондирования ионосферы.
  - 4.2. Современные средства вертикального зондирования ионосферы.
  - 4.3. Методы обработки данных вертикального зондирования ионосферы.
  - 4.4. Программные комплексы обработки данных вертикального зондирования ионосферы.
5. *ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ (ГНСС) ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ*

- 5.1. ГНСС: состав, структура и основные характеристики.
- 5.2. Радиointерферометрические методы обработки данных ГНСС.
- 5.3. Методы определения полного электронного содержания.
- 5.4. Методика анализа фазовых сбоев ГНСС.
- 5.5. Индекс мерцаний  $S_4$ , как характеристика состояния ионосферы.
- 5.6. Обработка данных ГНСС.

#### 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 |
|-------|--------------------------------------|---|---------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|
|       |                                      |   | Всего часов         | Из них практическая подготовка |                              |                         |
| 1     | 2                                    | 3   | 4                   | 5                              | 6                            | 7                       |
| 1.    | Раздел 1.                            | 1. Экспериментальное определение вида фазовой пластинки и направления ее осей.<br>2. Редукция временных рядов.<br>3. Знакомство с устройством телескопов. | 12                  | 6                              | собеседование                | ПК-2                    |
| 2.    | Раздел 2.                            | Методы калибровок солнечных радиотелескопов, обработка данных солнечных радиointерферо-метров – построение изображений.                                   | 12                  | 6                              | Решение задач, собеседование |                         |
| 3.    | Раздел 3.                            | Современные методы и средства изучения магнитного поля.   | 10                  | 5                              | Решение задач                |                         |
| 4.    | Раздел 4                             | Метод вертикального зондирования ионосферы  | 12                  | 6                              | Решение задач, собеседование |                         |
| 5.    | Раздел 5                             | Использование глобальных навигационных спутниковых систем для диагностики состояния ионосферы   | 10                  | 5                              | Решение задач, собеседование |                         |



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

| № нед. | Тема                | Задание  | Формируемая компетенция | Рекомендуемая литература     | Количество часов |
|--------|---------------------|--|-------------------------|------------------------------|------------------|
| 1.     | Все темы            | - Оформить отчет по лаб.работе.<br>- защитить работу преподавателю | <i>ИДК ПК.2.1</i>       | Вся рекомендуемая литература | 40               |
| 2.     | Подготовка к зачету |  |                         |                              | 5                |

#### 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, 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 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 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)

Курсовые работы не предусмотрены.

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

### а) перечень литературы

#### *основная литература*

- 1) Паперный В.Л. Оптические методы в астрофизических исследованиях: учеб. пособие / В.Л. Паперный, А.А. Черных. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. - 145 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр. в конце разд. - ISBN 978-5-9624-1101-9. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.
- 2) Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами [Текст] : учеб. пособие / В. А. Малинников [и др.]. - Москва : Изд-во МИИГАиК, 2009. - 142 с. ; есть. - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-91188-015-6
- 3) Отклик ионосферы на гелио- и геофизические возмущающие факторы по данным GPS : монография / Ю. В. Ясюкевич [и др.] ; рец.: А. П. Потехин, В. И. Сажин ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики, Иркут. гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013. - 259 с. – ISBN 978-5-9624-0879-8  
Режим доступа: Электронная библиотека «Труды ученых ИГУ». – Неогранич. доступ.

#### *дополнительная литература*

*сверено с ЭБС ИГУ*

- 1) Хаин, В. Е. Планета Земля. От ядра до ионосферы [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ., обуч. по напр. 020300 "Геология" / В. Е. Хаин, Н. В. Короновский. - 2-е изд. - ЭБК. - М. : Университет, 2008. - 245 с. - Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". - ISBN 978-5-98227-537-0
- 2) Сажин, В.И. Компьютерное моделирование распространения радиоволн в регулярной ионосфере [Текст] : учеб. пособие / В. И. Сажин ; Иркутский гос. ун-т, Физ. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2010. - 91 с. . – (12 экз.)

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>)
- Отдел физики околоземного космического пространства ИСЗФ СО РАН (<http://dep1.iszf.irk.ru>)
- Center for Atmospheric Research website (<http://ulcar.uml.edu>)
- Информационно-аналитический центр контроля ГЛОНАСС и GPS (<http://glonass-iac.ru>)
- Группа GPS мониторинга ИСЗФ СО РАН (<http://gps.iszf.irk.ru>)
- Introduction to Radio Astronomy <http://web.njit.edu/~gary/728/lecture1.html>
- Информация и данные магнитных станций сети Intermagnet (<http://intermag.org>)
- Магнитное поле Земли (Национальный фонд подготовок кадров) (<http://kosm1.86schhmr-gornoprawdinsk2.edusite.ru/p1aa1.html>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

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

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Набор авторских презентаций (подборок слайдов и видеофрагментов) по ключевым темам курса, также набор заданий, упражнений и задач.

Мультимедийный проектор Sanyo PROxtaX multiverse projector

Ноутбук Toshiba Europe GMBH Satellite A200-1CR/ Dual Core T2080 1730 MHz/ 1024Mb/120 Gb

Ноутбук Asus 15.4" F5RL / Core 2 Duo T5550 1830 Mhz/2048Mb/160Gb

Ноутбук Samsung NP-Q210-FA05RU/ Intel Core 2 Duo/2048 Mb DDR2/160 Gb/

Ноутбук Samsung 14" NP300V4A-A06RU/Inter Core i3 2350M (2.3Ghz)/4096Mb/500Gb/

Ноутбук Samsung 15.6" NP300V5A-S19RU/ Intel Core i3-2350M/4Gb/500/  
 Ноутбук Samsung 15.6" NP300E5C-U04RU 15.6"/Interl Core i3  
 2370M(2.4Ghz)/6144Mb/750Gb  
 Ионозонд DPS-4  
 Приемник NovAtel GPStation-6 с вынесенной антенной Javad RingAnt-G3T  
 Приемник Javad Delta-G3T с антенной Javad GrAnt-G3T

### **6.2. Программное обеспечение:**

- стандартные средства Windows для доступа в Интернет и чтения электронных версий статей и монографий: Microsoft Office, Acrobat Reader.
- авторское программное обеспечение для расчета полного электронного содержания по данным навигационных приемников в формате Rinex.
- свободнораспространяемое программное обеспечение для обработки данных ионозондов SAO explorer (<http://umlcar.uml.edu/SAO-X/SAO-X.html>).
- авторское программное обеспечение для расчета вертикального полного электронного содержания.

Программное обеспечение Microsoft Office с корпоративной лицензией ИСЗФ СО РАН.

### **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**

Основными видами самостоятельной работы студентов по курсу дисциплины являются:

- самостоятельная работа над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой литературы;
- решение задач;
- обработка экспериментальных данных;
- групповые и индивидуальные консультации;
- подготовка к зачету.

На практических занятиях излагаются основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения теоретические и практические вопросы.

Теоретические знания, полученные студентами на занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, 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.

Текущая работа над учебными материалами представляет собой главный вид самостоятельной работы студентов. Она включает обработку конспектов занятий путем систематизации материала, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий.

## **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

#### Вопросы и упражнения к разделам 1-3

- 1) Каков химический состав Солнца?
- 2) Почему Солнце светит?
- 3) Что такое солнечная активность?
- 4) Существует мнение, что во время повышенной солнечной активности опасно загорать. Верно ли это? Поясните свой ответ.
- 5) В чем состоит феномен цикличности солнечной активности?
- 6) Каковы основные слои солнечной атмосферы? Укажите их свойства.
- 7) Что такое число Вольфа?
- 8) Что такое солнечная постоянная?
- 9) Какова взаимосвязь радиоастрономии с всеволновой астрономией, астрофизикой и радиофизикой?
- 10) Как влияет атмосфера Земли на радиоастрономические наблюдения?
- 11) Что такое чувствительность радиотелескопа?

Вопросы и упражнения к разделам 4-6

- 1) Укажите состав ГНСС.
- 2) Какое минимальное число спутников необходимо для того, чтобы определять координаты приемника?
- 3) Чем обусловлен выбор высоты орбиты ГНСС?
- 4) Каков период обращения спутников GPS и ГЛОНАСС?
- 5) Чем отличается радиочастотный план навигационных систем GPS и ГЛОНАСС?
- 6) Какие измерения параметров радиосигнала могут осуществляться в приемнике ГНСС?
- 7) Какие основные факторы, влияющие на точность позиционирования ГНСС?
- 8) Что представляет собой полное электронное содержание (ПЭС)?
- 9) Сколько существует вариантов расчета ПЭС? Назовите их.
- 10) Какие методы расчета ПЭС больше подходят для исследования волновых возмущений в ионосфере?
- 11) Что собой представляют радионтерферометрические методы?
- 12) В чем особенности метода SADM-GPS?
- 13) В чем заключается метод D1?
- 14) Что представляют собой корреляционный метод?
- 15) Чем могут быть вызваны фазовые сбои ГНСС?
- 16) Что показывает индекс S4? Как он определяется?
- 17) Каковы характерные времена накопления данных для расчета S4?
- 18) Что такое Rinx? Какие его варианты существуют?
- 19) Каков стандартный формат данных навигационного приемника?
- 20) Как много станций ГНСС имеется в свободном доступе на сегодняшний день?
- 21) Как много спутников может регистрировать приемник одновременно?
- 22) Что такое подионосферная точка, подспутниковая точка?
- 23) В чем заключается метод "Скользящего среднего"?
- 24) Какие артефакты вносит движение спутника при анализе вариаций ПЭС?
- 25) Каковы характерные пространственно-временные масштабы неоднородностей в ионосфере, которые можно регистрировать на отдельных лучах "приемник-спутник"?
- 26) Каковы основные недостатки использования ГНСС для исследований ионосферы?

Пример задания для самостоятельной работы по разделам 1-3

- Определить число Вольфа по предложенному снимку фотосферы Солнца
- Вычислите угловой  $\mu'$  и линейный  $\mu$  масштабы фотографии Солнца по формулам (3.2), приняв  $d' = 32'$ ,  $d = 696 \cdot 10^3$  км.
- Радиотелескоп диаметром около полукилометра работает в диапазоне сантиметровых волн водородного спектра (21 см). Оценить его разрешающую

способность. Сравнить ее с разрешающей способностью оптического телескопа с трехметровым зеркалом.

- Максимум энергии излучения солнца приходится на длину волны 470 нм. Считая, что Солнце излучает как абсолютно черное тело, определить температуру фотосферы.

Пример задания для самостоятельной работы по разделам 4-5

**Задание 1.** Ознакомьтесь с особенностями обработки сигнала в аппаратуре приемника.

- Найдите в сети Интернет информацию о текущем состоянии группировки GPS и ГЛОНАСС.
- Разберитесь, в каком направлении в настоящее время осуществляется развитие ГНСС.

**Задание 2.** На основе последних статей в периодических журналах изучите новые методы исследования ГНСС для зондирования ионосферы.

- Найдите в сети Интернет хранилища данных ГНСС.
- Выведите формулу для вычисления полного электронного содержания на основе групповых и фазовых измерений используя формулу Эпплтона—Хартри.

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

| № п/п | Вид контроля                       | Контролируемые темы (разделы)   | Компетенции, компоненты которых контролируются |
|-------|------------------------------------|---|--|
| 1.    | Собеседование по завершении темы 1 | Экспериментальное определение вида фазовой пластинки и направления ее осей. Знакомство с устройством телескопов         | ПК-2   |
| 3.    | Собеседование по завершении темы 2 | Методы калибровок солнечных радиотелескопов, обработка данных солнечных радио-интерферо-метров – построение изображений | ПК-2   |
| 4.    | Собеседование по завершении темы 4 | Метод вертикального зондирования ионосферы  | ПК-2   |
| 5.    | Собеседование по завершении темы 5 | Методы определения полного электронного содержания.   | ПК-2   |
| 6.    | Опрос                              | Все разделы   | ПК-2   |

Примерный список вопросов к зачету по разделам 1-3:

- 1) История зарождения радиоастрономии. Первые открытия в радиоастрономии.
- 2) Взаимосвязь радиоастрономии с всеволновой астрономией, астрофизикой и радиофизикой.
- 3) Типы антенн, применяющихся в радиоастрономии.
- 4) Основные типы радиометров в радиоастрономии.
- 5) Диаграмма направленности антенны. Параметры антенны, связанные с диаграммой направленности.
- 6) Связь диаграммы направленности антенны с распределением комплексной амплитуды электрического поля по апертуре.
- 7) Радиояркостная температура небосвода.
- 8) Антенная температура.
- 9) Спектроскопия вспышек и определение физических условий в них.
- 10) Антенна как фильтр пространственных частот. Пространственная частотная характеристика и ее связь с распределением комплексной амплитуды электрического поля по апертуре. Угловое разрешение.
- 11) Радиотелескоп и радиоизображение. Два способа получения изображения в радиоастрономии.
- 12) Двухэлементный аддитивный и мультипликативный интерферометр.
- 13) Вектор Джонса. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре.
- 14) Поляриметрические наблюдения в радиоастрономии.
- 15) Матрица Мюллера радиотелескопа. Инструментальная поляризация.
- 16) Шумовая температура радиотелескопа и ее составляющие.
- 17) Чувствительность радиотелескопа.
- 18) Влияние атмосферы Земли на радиоастрономические наблюдения.
- 19) Радиоизлучение спокойного Солнца.
- 20) Радиоизлучение активного Солнца.
- 21) Радиоизлучение звёзд.
- 22) Современные проблемы физики Солнца

Примерный список вопросов к зачёту по разделам 4-5.

- 1) Особенности радиочастотного плана ГНСС GPS и ГЛОНАСС.
- 2) Факторы, влияющие на устойчивость функционирования и точность координатных определений ГНСС.
- 3) Фильтрация временных рядов.
- 4) Групповые и фазовые измерения ПЭС.
- 5) Метод SADM-GPS.
- 6) Метод D1.
- 7) Глобальное электронное содержание.
- 8) Индекс S4.
- 9) Построение пространственной картины вариаций ПЭС.



**Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п.3:**

**1. Полное электронное содержание - это:**

- А. Количество электронов вдоль заданного направления.*
- Б. Количество электронов вдоль заданного направления в столбе сечением 1 м<sup>2</sup>.*
- В. Полное количество электронов в объеме 1 м<sup>3</sup>.*

**2. Ионосфера - это:**

- А. Ионы, захватываемые магнитным полем Земли.*
- Б. Атмосфера Земли до 100 км.*
- В. Ионизированная часть атмосферы Земли.*

**3. Оптические камеры позволяют измерять:**

- А. Высотный профиль концентрации и температуры ионов и электронов.*
- Б. Полное электронное содержание.*
- В. Скорости движения ионосферных неоднородностей.*
- Г. Профиль электронной концентрации до высоты максимума.*
- Д. Свечение атмосферы в разных длинах волн.*

**4. GPS-приемник позволяет измерять:**

- А. Высотный профиль концентрации и температуры ионов и электронов.*
- Б. Полное электронное содержание.*
- В. Скорости движения ионосферных неоднородностей.*
- Г. Профиль электронной концентрации до высоты максимума.*
- Д. Свечение атмосферы в разных длинах волн.*

**5. Когерентный КВ-радар позволяет измерять:**

- А. Высотный профиль концентрации и температуры ионов и электронов.*
- Б. Полное электронное содержание.*
- В. Скорости движения ионосферных неоднородностей.*
- Г. Профиль электронной концентрации до высоты максимума.*
- Д. Свечение атмосферы в разных длинах волн.*

**6. Радар некогерентного рассеяния позволяет измерять:**

- А. Высотный профиль концентрации и температуры ионов и электронов.*
- Б. Полное электронное содержание.*
- В. Скорости движения ионосферных неоднородностей.*
- Г. Профиль электронной концентрации до высоты максимума.*
- Д. Свечение атмосферы в разных длинах волн.*

**7. Ионозонд позволяет измерять:**

- А. Высотный профиль концентрации и температуры ионов и электронов.*
- Б. Полное электронное содержание.*
- В. Скорости движения ионосферных неоднородностей.*
- Г. Профиль электронной концентрации до высоты максимума.*
- Д. Свечение атмосферы в разных длинах волн.*

**8. Критическая частота ионосферы - это:**

- А. Частота выше которой радиоволны в ионосфере не распространяются.*

- Б. Частота выше которой радиоволны при вертикальном зондировании не испытывают отражения от ионосферы.*
- В. Частота ниже которой радиоволны при вертикальном зондировании не испытывают отражения от ионосферы.*
- Г. Частота выше которой радиоволны при наклонном зондировании не испытывают отражения от ионосферы.*
- Д. Частота ниже которой радиоволны при наклонном зондировании не испытывают отражения от ионосферы.*

**9. Во время магнитных бурь происходит:**

- А. Расширение аврорального овала.*
- Б. Поглощение коротковолновых радиосигналов в ионосфере.*
- В. Ухудшение точности работы навигационных систем.*
- Г. Полярные сияния.*
- Д. Все варианты.*

**10. Магнитная буря происходит вследствие:**

- А. Воздействия на магнитосферу Земли ускоренными потоками солнечного ветра.*
- Б. Солнечного радиоизлучения.*
- В. Солнечного ультрафиолетового излучения.*
- Г. Солнечного рентгеновского излучения.*

**11. В ионосфере Земли имеется:**

- А. Порядка  $10^{32}$  электронов.*
- Б. Порядка  $10^{16}$  электронов.*
- В. Порядка  $10^8$  электронов.*
- Г. Электроны отсутствуют в нормальных условиях.*

**12. Двухчастотные ионосферные измерения используются в:**

- А. Некогерентном рассеянии.*
- Б. Когерентном рассеянии (SuperDARN)*
- В. GPS.*
- Г. Не используются или используются многочастотные измерения.*

**13. Какой из инструментов дает наибольшее число параметров о состоянии атмосферы Земли:**

- А. Когерентный коротковолновой радар (SuperDARN)*
- Б. Радар некогерентного рассеяния.*
- В. GPS.*
- Г. Оптические камеры.*
- Д. Ионозонд*

**14. Какой из инструментов может обеспечить в потенциале самое хорошее пространственное разрешение по миру:**

- А. Когерентный коротковолновой радар (SuperDARN)*
- Б. Радар некогерентного рассеяния.*
- В. GPS.*
- Г. Оптические камеры.*
- Д. Ионозонд*

**15. В какой период, как правило, наблюдается максимум ионизации в ионосфере:**

- А. Спустя некоторое время после того, как Солнце прошло зенит.*
- Б. Когда Солнце находится в зените.*

- В. В полночь.*
- Г. Перед заходом Солнца*

**16. Какие два инструмента могут дать информацию о критической частоте ионосферы:**

- А. Радары когерентного и некогерентного рассеяния.*
- Б. Приемник GPS и радар некогерентного рассеяния.*
- В. Ионозонд и радар некогерентного рассеяния.*
- Г. Ионозонд и приемник GPS.*

**17. Что такое блэкаут:**

- А. Мощное отражение радиоволн от слоя Es.*
- Б. Полное поглощение радиоволн.*
- В. Полное просачивание радиоволны через слой F.*
- Г. Сбой аппаратуры и пропуски в получении ионограмм.*

**18. Как правило, электронов больше на высоте:**

- А. 100 км.*
- Б. 300 км.*
- В. 500 км.*
- Г. 1000 км.*

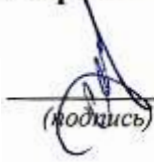
**19. Магнитное поле Земли может защитить нас от магнитной бури если:**

- А. Скорость солнечного ветра не превышает 400 м/с.*
- Б. Скорость солнечного ветра быстрее 400 м/с длится не более 30 минут.*
- В. Vz-компонента магнитного поля направлена на север.*
- Г. Длительное время не было магнитных бурь и магнитное поле полностью восстановилось.*

**20. Томография ионосферы - это:**

- А. Определение трехмерного распределения электронной концентрации на основе набора интегральных измерений.*
- Б. Восстановление профиля электронной концентрации с использованием многочастотного зондирования.*
- В. Определение скоростей и направлений ионосферных неоднородностей различных масштабов.*
- Г. Использование холодной плазмы для лечения человека.*

Разработчик:

  
(подпись)

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

Ю.В., Ясюкевич  
(инициалы, фамилия)

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.**