

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

1. Общие сведения

1.	Кафедра	философии, социальных наук и права социального обеспечения
2.	Направление подготовки	05.06.01 Науки о Земле
3.	Направленность (профиль)	Науки об атмосфере и климате
4.	Дисциплина (модуль)	Б1.В.02 Вычислительная физика
5.	Форма обучения	заочная
6.	Год набора	2021

1. Методические рекомендации

1.1. Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий

В ходе лекционных занятий обучающемуся необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Рекомендуется задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

1.2. Методические рекомендации по подготовке к семинарским (практическим) занятиям

В ходе подготовки к семинарским (практическим) занятиям следует изучить основную и дополнительную литературу, учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы.

Можно подготовить свой конспект ответов по рассматриваемой тематике, подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на занятие. Следует продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной практикой. Можно дополнить список рекомендованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы.

1.3. Методические рекомендации к проведению дискуссии.

Организация дискуссии осуществляется по определенным правилам, которые озвучивает преподаватель.

Участники могут не иметь опыта самостоятельного рассмотрения проблем, но обладают базовыми знаниями, воображением и другими способностями. Общей для всех участников конечный результат - достижение цели.

Этапы проведения:

– Подготовительный этап. Выявление проблемы, выбор темы и определение задач. Выбор вида и формы дискуссии, работа над ее стратегией, подготовка материалов.

– Ввод участников в дискуссионную ситуацию. Привлечение интереса, целеполагание, формирование команд, мобилизация участников.

– Групповая или индивидуальная работа по установленным правилам.

– Выводы и анализ итогов самостоятельно и/или с привлечением экспертов.

Проведение групповой дискуссии предполагает:

1. формирование микро-групп.

2. выбор идейной позиции.

3. коллективная (внутри микро-групп) подготовка основной речи.

4. выступление «основных спикеров», презентующих позицию микро-группы.

5. ответы на вопросы оппонентов.

6. вопросы оппонентам.

7. анализ, подведение итогов.

1.4. Методические рекомендации по выполнению индивидуального творческого задания.

Выполнение этого вида заданий предполагает активную самостоятельную деятельность обучающихся, в результате чего и происходит творческое овладение предметными знаниями, умениями, навыками и развитие творческих способностей.

Данный вид обучения:

- направлен на самостоятельный поиск обучающимися новых понятий и способов действий;

- предполагает последовательное и целенаправленное выдвижение перед обучающимися познавательных проблем, разрешение которых (под руководством преподавателя) приводит к активному усвоению новых знаний;

- обеспечивает особый способ мышления, прочность знаний и творческое их применение в практической деятельности.

При таком задании преподаватель не сообщает готовых знаний, а организует учащихся на их поиск: понятия, закономерности, теории познаются в ходе поиска, наблюдений, анализа фактов, мыслительной деятельности.

1.5. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена.

Главной целью проведения экзамена является выяснение качества и количества знаний, умений и навыков аспирантов, полученных ими при освоении учебного курса.

Успешная задача экзамена более вероятно при систематической работе аспирантов в течение учебного семестра, поэтому не стоит откладывать подготовку к нему на несколько последних дней.

1.6. Методические рекомендации к самостоятельной работе

При изучении дисциплины Б1.В.02 «Вычислительная физика» предполагается как аудиторная, так и внеаудиторная (самостоятельная) работа аспиранта. В ходе самостоятельной работы аспирант выполняют задания по темам курса. Также обязательным является подготовка ответов на контрольные вопросы и выполнение заданий по практическим занятиям. По желанию аспиранты могут подготовить рефераты, дополнительные доклады, сообщения. При изучении данного курса настоятельно рекомендуется начать вести словарь терминов и понятий.

С целью оказания помощи в самостоятельной работе в период учебного семестра с аспирантами проводятся индивидуальные и коллективные консультации по данной дисциплине, на которых они могут получить ответы на возникающие вопросы.

2. Планы практических занятий

Практическое занятие № 1. **Численные методы решения моделирующих уравнений**

План:

1. Необходимость численного моделирования, элементарные понятия теории разностных схем.
2. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Рунге-Кутты. Мношаговые схемы. Методы Адамса. Аппроксимация задачи Коши для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Устойчивость двухслойной схемы.
3. Приближённое решение краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Нелинейные краевые задачи. Метод стрельбы. Спектральная задача Штурма-Лиувилля. Решение нелинейных краевых задач методом Ньютона.
4. Одномерные уравнения газовой динамики и их численное интегрирование. Обобщённые решения уравнений газовой динамики. Римановы инварианты. Характеристики. Краевые задачи для уравнений газовой динамики. Уравнения газовой динамики в форме Лагранжа. Массовые лагранжевы координаты. Разрывные решения уравнений газовой динамики. Два типа разрывов в газовой динамике. Метод Годунова. Расчёт ударных волн. Искусственная вязкость.
5. Нелинейное уравнение теплопроводности.

Литература:

1. Кураев, А. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. А. Кураев, А. П. Шашкин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – Ч. 2. Газодинамика. – 151 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574785> (дата обращения: 28.05.2020). – Библиогр. с. 140-141. – ISBN 978-5-7782-3680-6. - ISBN 978-5-7782-3682-0 (Ч. 2). – Текст : электронный.
2. Численные методы в уравнениях математической физики : учебное пособие : [16+] / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик, Д. В. Вагин и др. ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. – 60 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574666> (дата обращения: 28.05.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-2971-6. – Текст : электронный

Задания для самостоятельной работы:

1. Реализация разностной схемы для уравнений газовой динамики с теплопроводностью.
2. Краевые задачи для уравнений газовой динамики. Уравнения газовой динамики в форме Лагранжа. Массовые лагранжевы координаты. Разрывные решения уравнений газовой динамики. Два типа разрывов в газовой динамике. Метод Годунова. Расчёт ударных волн. Искусственная вязкость.

Практическое занятие № 2. **Математическое моделирование околоземной среды**

План:

1. Модели солнечного ионизирующего и диссоциирующего излучения.
2. Модели электрических полей
3. Модели потоков высыпавшихся энергичных частиц
4. Эмпирические модели термосферы

5. Ионосферная модель Шунка и Сойки (Университет Штата Юта, США). Модель Роббла (Национальный центр атмосферных исследований, Боулдер, США). Модель ионосферы и термосферы Колесника, Королёва, Голикова (Томский и Якутский университеты). Модель Фуллер-Рауэлла (Лондонский Университетский Колледж и Шеффилдский Университет, Великобритания).
6. Модель Калининградской обсерватории ИЗМИРАН. Высокоширотная версия глобальной численной модели верхней атмосферы Земли (ПГИ-МГТУ, Мурманск). Структурная схема модели.

Литература:

Weimer, D. R. (1995), Models of high-latitude electric potentials derived with a least error fit of spherical harmonic coefficients, *J. Geophys. Res.*, 100(A10), 19595– 19607, doi:[10.1029/95JA01755](https://doi.org/10.1029/95JA01755)

Weimer, D. R. (2005), Improved ionospheric electrodynamic models and application to calculating Joule heating rates, *J. Geophys. Res.*, 110, A05306, doi:[10.1029/2004JA010884](https://doi.org/10.1029/2004JA010884)

Weimer, D. R., Predicting Surface Geomagnetic Variations Using Ionospheric Electrodynamic Models, *J. Geophys. Res.*, 110, A12307, doi:[10.1029/2005JA011270](https://doi.org/10.1029/2005JA011270), 2005.

Pudovkin, M.I. Electric fields and currents in the ionosphere. *Space Sci Rev* **16**, 727–770 (1974).
<https://doi.org/10.1007/BF00182599>

<http://solar-center.stanford.edu/resources.html> – большая библиотека образовательных ресурсов для студентов и преподавателей

<https://uamod.wordpress.com> – сайт модели UAM – Upper Atmosphere Model

Задания для самостоятельной работы:

1. Приведите примеры моделей солнечного ионизирующего и диссоциирующего излучения.
2. Приведите примеры моделей электрических полей.
3. Приведите примеры моделей потоков высыпавшихся энергичных частиц.
4. Опишите эмпирические модели термосферы.
5. Проведите сравнительный анализ ионосферной модели Шунка и Сойки (Университет Штата Юта, США), модели Роббла (Национальный центр атмосферных исследований, Боулдер, США), модели ионосферы и термосферы Колесника, Королёва, Голикова (Томский и Якутский университеты), модели Фуллер-Рауэлла (Лондонский Университетский Колледж и Шеффилдский Университет, Великобритания).
6. Опишите модель Калининградской обсерватории ИЗМИРАН.

Практическое занятие № 3, 4.

Современные глобальные математические модели верхней атмосферы Земли

План:

1. Международная справочная модель ионосферы IRI – International Reference Ionosphere – и ее версии (IRI 2007, IRI 2012, IRI 2016).
2. Полуэмпирическая модель Д-слоя ионосферы Земли FIRI-2018
3. Эмпирическая модель нейтрального состава NRL MSISE и ее обновление MSIS2.0.
4. Модель горизонтальных ветров HWM – Horizontal Wind Model – и ее версии (HWM93, HWM07, HWM14)
5. Модель верхней атмосферы Земли UAM – Upper Atmosphere Model

Литература:

Picone, J. M., Hedin, A. E., Drob, D. P., and Aikin, A. C. (2002) NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues, *J. Geophys. Res.*, 107(A12), 1468, doi:[10.1029/2002JA009430](https://doi.org/10.1029/2002JA009430)

Emmert, J. T., Drob, D. P., Picone, J. M., Siskind, D. E., Jones, M., Mlynczak, M. G., et al. (2021) NRLMSIS 2.0: A whole-atmosphere empirical model of temperature and neutral species densities. *Earth and Space Science*, 8, e2020EA001321. <https://doi.org/10.1029/2020EA001321>

Friedrich, M., Pock, C., & Torkar, K. (2018). FIRI-2018, an updated empirical model of the lower ionosphere. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 123, 6737– 6751. <https://doi.org/10.1029/2018JA025437>

Drob, D. P., Emmert, J. T., Meriwether, J. W., Makela, J. J., Doornbos, E., Conde, M., Hernandez, G., Noto, J., Zawdie, K. A., McDonald, S. E., et al. (2015), An update to the Horizontal Wind Model (HWM): The quiet time thermosphere, *Earth and Space Science*, 2, 301– 319, doi:10.1002/2014EA000089

Drob, D. P., et al. (2008) An empirical model of the Earth's horizontal wind fields: HWM07, *J. Geophys. Res.*, 113, A12304, doi:10.1029/2008JA013668

Hedin A.E., Fleming E.L., Manson A.H., et al. (1996) Empirical wind model for the upper, middle and lower atmosphere, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 58(13), 1421-1447, [https://doi.org/10.1016/0021-9169\(95\)00122-0](https://doi.org/10.1016/0021-9169(95)00122-0)

ISO 14222:2013 Космическое окружение Земли (естественное и искусственное). Верхние слои атмосферы Земли

D. Bilitza (2018) IRI the International Standard for the Ionosphere, *Adv. Radio Sci.*, 16, 1-11, <https://doi.org/10.5194/ars-16-1-2018>.

D. Bilitza, D. Altadill, V. Truhlik, V. Shubin, I. Galkin, B. Reinisch, and X. Huang (2017) International Reference Ionosphere 2016: From ionospheric climate to real-time weather predictions, *Space Weather*, 15, 418-429, <https://doi.org/10.1002/2016SW001593>

D. Bilitza, D. Altadill, Y. Zhang, C. Mertens, V. Truhlik, P. Richards, L.-A. McKinnell, and B. Reinisch (2014) The International Reference Ionosphere 2012 - a model of international collaboration, *J. Space Weather Space Clim.*, 4, A07, 1-12, <https://doi.org/10.1051/swsc/2014004>

D. Bilitza and Reinisch, B. (2008) International Reference Ionosphere 2007: Improvements and new parameters, *J. Adv. Space Res.*, 42, #4, 599-609, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.07.048>

Namgaladze A.A., Förster M., Prokhorov B.E., Zolotov O.V. (2013) Electromagnetic Drivers in the Upper Atmosphere: Observations and Modeling. In: Bychkov V., Golubkov G., Nikitin A. (eds) *The Atmosphere and Ionosphere. Physics of Earth and Space Environments*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2914-8_4

Задания для самостоятельной работы:

1. Опишите модель высокоширотная версия глобальной численной модели верхней атмосферы Земли (UAM, Мурманск). В чем ее принципиальные отличия от калининградской версии?

2. Сформулируйте моделирующие уравнения UAM в координатном представлении.

3. Какие уравнения решаются в блок расчёта параметров нейтральной атмосферы и нижней ионосферы в UAM?

4. Какие уравнения решаются в блоке расчёта параметров F2-области и плазмосферы в UAM?

5. Какие уравнения решаются в магнитосферном блоке в UAM?

6. Какие уравнения решаются в блоке расчёта электрических полей в UAM?

7. Сформулируйте начальные, граничные условия, входные и выходные параметры в UAM.

8. Охарактеризуйте основные особенности модели IRI.

9. Охарактеризуйте основные особенности модели FIRI-2018.

10. Охарактеризуйте основные особенности модели HWM.

11. Охарактеризуйте основные особенности модели NRL MSISE / MSIS2.0.

