

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 16.06.2022 15:16:48

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673078ef1a9870ae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов»**

Факультет физико-математических и естественных наук

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы и математическое моделирование

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведётся в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

Физика

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2022 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Численные методы и математическое моделирование» является изучение и освоение численных методов решения физических и математических задач, в частности: нелинейных уравнений, задач математической физики; получение практических навыков в разработке численных моделей физических процессов и явлений, и совершенствование практических навыков программирования на алгоритмическом языке Фортран.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Численные методы и математическое моделирование» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-12	Способен: искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, её достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.	УК-12.1. Осуществляет поиск нужных источников информации и данных, воспринимает, анализирует, запоминает и передаёт информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач;
		УК-12.2. Проводит оценку информации, её достоверность, строит логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.
ОПК-2	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-2.1. Осуществляет выбор оборудования и методик для решения конкретных задач, эксплуатирует современную физическую аппаратуру и оборудование;
		ОПК-2.2. Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает получен-

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
		ные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования; ОПК-2.3. Владеет практическими навыками представления результатов научных исследований в устной и письменной форме.
ОПК-3	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности.	ОПК-3.1. Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения, обработки и анализа научной информации; ОПК-3.2. Соблюдает основные требования информационной безопасности при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК-4	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-4.1. Использует современные информационные технологии при сборе, анализе и представлении физической информации; ОПК-4.2. Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности.

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Численные методы и математическое моделирование» относится к вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 учебного плана образовательной программы по направлению 03.03.02 –Физика.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Численные методы и математическое моделирование».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-12	Способен: искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также	Базовые пакеты; Алгоритмы и языки программирования; Вычислительная физика.	-

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, её достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.		
ОПК-2	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	Модуль Общий физический практикум; Вычислительная физика.	Физическая кинетика; Радиофизика; Основы физики плазмы; Основы физики СВЧ; Введение в радиоэлектронику; Радиоэлектроника; Физические методы исследований; Учебная практика; Преддипломная практика.
ОПК-3	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности.	Базовые пакеты; Алгоритмы и языки программирования; Вычислительная физика.	Физические методы исследований; Графическое программирование; Учебная практика; Преддипломная практика.
ОПК-4	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	Вычислительная физика.	Физические методы исследований; Учебная практика; Преддипломная практика.

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоёмкость дисциплины «Численные методы и математическое моделирование» составляет 6 зачётных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для ОЧНОЙ формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)				
		5	6	7	8	
Контактная работа, ак.ч.	102	-	48	54	-	
в том числе:						
Лекции (ЛК)	-	-	-	-	-	
Лабораторные работы (ЛР)	102	-	48	54	-	
Практические/семинарские занятия (СЗ)	-	-	-	-	-	
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	78	-	42	36	-	
Контроль (экзамен/зачёт с оценкой), ак.ч.	36	-	18	18	-	
Общая трудоёмкость дисциплины	ак.ч.	216	-	108	108	-
	зач.ед.	6	-	3	3	-

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Математическое моделирование и его роль в современной науке.	Триада вычислительного эксперимента "Модель-алгоритм-программа". Основные этапы вычислительного эксперимента.	ЛР
Раздел 2. Ошибки вычислений.	Устранимые и неустраиваемые ошибки вычислений. Ошибки округления (ограничения). Ошибки метода. Вычисление числовых рядов.	ЛР
Раздел 3. Метод конечных разностей.	Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Моделирование колебательных процессов в колебательном контуре с вариацией параметров.	ЛР
Раздел 4. Модели движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.	Моделирование дрейфового движения заряженных частиц. Градиентный дрейф. Электрический дрейф (дрейф в скрещенных E и B полях).	ЛР
Раздел 5. Моделирование взаимодействия заряженных частиц с СВЧ электрическим полем.	Двумерное моделирование электронного циклотронного резонанса и гиромагнитного авторезонанса.	ЛР

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 6. Моделирование циклических ускорителей заряженных частиц.	Малогобаритный бетатрон. Ультраминиатюрный синхротрон. Ультраминиатюрный ускоритель электронов с комбинированной схемой ускорения.	ЛР
Раздел 7. Модель нагрева и удержания заряженных частиц в пробочтоне.	Изучение закономерностей движения заряженных частиц в магнитной ловушке пробочного типа в условиях ЭЦР и ГА с помощью интерактивной визуализированной программной среды TRAP-1.	ЛР
Раздел 8 Метод частиц в ячейке для моделирования сложных систем взаимодействующих тел и частиц.	Модель эволюции спиральной галактики. Модель создания сгустков релятивистских электронов в ловушке пробочного типа в условиях ГА.	ЛР

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащённая персональными компьютерами (в количестве 12 шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Лаб. 355, лаб. 171. Программное обеспечение для построения научной графики и численного анализа данных, а также для работы с текстом, электронными таблицами и презентациями, в т.ч. пакеты офисных программ.
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащённая комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Ауд. 355.

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Немнюгин, С. А. Современный Фортран. Самоучитель / С. А. Немнюгин, О. Л. Стесик. — СПб: БХВ-Петербург, 2015. — 496 с. ISBN: 5-94157-302-2.
2. Арьен, М. Современный Fortran на практике / М. Арьен. — М.: «ДМК Пресс», 2015. — 318 с. — ISBN: 978-5-97060-302-4.
3. Калиткин, Н. Н. Численные методы : учеб. пособие в 2 кн. / Н. Н. Калиткин, Е. А. Альшина. — М.: Академия, 2013. — Кн. 1 : «Численный анализ». — 302 с.
4. Калиткин, Н. Н. Численные методы : учеб. пособие в 2 кн. / Н. Н. Калиткин, Е. А. Альшина. — М.: Академия, 2013. — Кн. 2 : «Методы математической физики». — 302 с.
5. Скворцов, Л. М. Численное решение обыкновенных дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений / Л. М. Скворцов. — М: «ДМК Пресс», 2018.
6. Geller, R. Electron Cyclotron Resonance Ion Sources and ECR Plasmas / R. Geller // IOP Publishing Ltd, 2018. — 449 с.

Дополнительная литература:

1. Самарский, А. А. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич // Институт математического моделирования ММ РАН, 2000 (Интернет-публикация).
2. Сигов, Ю. С. Вычислительный эксперимент: мост между прошлым и будущим физики плазмы / Ю. С. Сигов. — М: Физматлит, 2001. — 286 с.
3. Вабищевич, П. Н. Численное моделирование / П. Н. Вабищевич. — М.: МГУ, 1993. 152 с.
4. Хокни, Р. Численное моделирование методом частиц / Р. Хокни, Дж. Иствуд; пер. с англ. А. С. Липатова, А. Н. Полюдова; под ред. Р. З. Сагдеева, В. И. Шевченко. — М: Мир, 1987. — 638 с.
5. Бэдсел, Ч. Физика плазмы и численное моделирование / Ч. Бэдсел, А. Ленгдон. — М: Энергоатомиздат, 1989. — 348 с.
6. Поттер, Д. Вычислительные методы в физике / Д. Поттер. // М.: Наука, 1975.
7. Самарский, А. А. Введение в численные методы / А. А. Самарский. — СПб: Лань, 2009.
8. Туриков, В. А. Численное моделирование плазменных процессов / В. А. Туриков, И. В. Ульяницкий, А. М. Умнов. — М: Изд. РУДН, 2003. — 126 с.
9. Рошаль, А. С. Моделирование заряженных пучков / А. С. Рошаль. — М: Атомиздат, 1979. — 224 с.
10. Красовицкий, В. Б. Распадная неустойчивость лазерной волны при поперечном распространении в магнитоактивной плазме / В. Б. Красовицкий,

В. Г. Дорофеев, В. А. Туриков, В. И. Сотников // Физика плазмы, 32, 2006. — с. 26–32.

11. Andreev, V. V. Relativistic plasma and electron bunches in plasma synchrotrons of GYRAC / V. V. Andreev, A. M. Umnov // Plasma Sources Sci. Technol. 1999. — V. 8. — P. 479–487.

12. Милантьев, В. П. / В. П. Милантьев, В. А. Туриков // Вопросы атомной науки и техники. — Но. 5. — 2007. — с. 185.

13. Birdsall, C. K. Particle-in-Cell Charged-Particle Simulations, Plus Monte Carlo Collisions With Neutral Atoms, PIC-MCC / C. K. Birdsall // IEEE Trans. Plasma Sci. — 1991. — v. 19. — n. 2. — pp. 65–85.

14. Андреев, В. В. Плазма ЭЦР-разряда как источник рентгеновского излучения: эксперимент и численное моделирование / В. В. Андреев, А. М. Умнов, А. А. Балмашнов, Г. В. Никитин, В. Ю. Саванович // Известия РАН. Серия Физическая, 2003. — Т. 67. — Но. 9. — с. 1314–1321.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключённых договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Троицкий мост»
-

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации
<http://docs.cntd.ru/>
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS
<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>
- Центр справки и обучения Microsoft Office <https://support.office.com/ru-ru>
- Руководство пользователя Origin Lab <https://www.originlab.com/doc/User-Guide>
- Учебные пособия по Origin Lab <https://www.originlab.com/doc/Tutorials>
- Документация Libre Office <https://wiki.documentfoundation.org/Documentation/ru>

2. Информационно-справочные системы:

- EqWold. Мир математических уравнений
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/software.htm>
- Математическое моделирование в естественных науках.
http://mathmod.asu.edu.ru/?id=6&sub_id=1

- Вычислительные методы и программирование. <https://num-meth.ru/index.php/journal>
- Справочная SciLab <https://help.scilab.org/>
- Документация Octave <https://octave.org/doc/latest/>
- Справочная Octave <https://wiki.octave.org/>
- Документация и учебные пособия по SageMath <https://doc.sagemath.org/>
- Документация Gnuplot <http://www.gnuplot.info/documentation.html>
- Учебные пособия и руководства Gnuplot <http://www.gnuplot.info/help.html>
- Документация издательской системы TeX Live <https://tug.org/texlive/doc.html>
-

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Численные методы и математическое моделирование».

2. Лабораторный практикум по дисциплине «Численные методы и математическое моделирование» (при наличии лабораторных работ).

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Численные методы и математическое моделирование» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

РАЗРАБОТЧИКИ:

Ассистент ИФИТ

Должность, БУП



Подпись

Гоним Н.

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Директор ИФИТ

Наименование БУП



Подпись

Лоза О.Т.

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Директор ИФИТ

Должность, БУП



Подпись

Лоза О.Т.

Фамилия И.О.

