

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

Факультет физико-математических и естественных наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины Численные методы в физике плазмы

Рекомендуется для направления(ий) подготовки (специальности(ей))

03.06.01 – Физика и астрономия

Направленность программ (профилей)

Профили:

«Физика плазмы»

Квалификация (степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь.

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины:

Целью курса является углубление и закрепление на более высоком математическом уровне знаний в области физики плазмы, полученных в специальных курсах бакалавриата и магистратуры, для их дальнейшего использования в практической деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Численные методы в физике плазмы» относится блоку Б2 Дисциплины (модули) учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции (вид профессиональной деятельности: научно-исследовательская)			
3.	ПК-3	Научно-исследовательский семинар	Научные исследования Физика плазмы

В соответствии с требованиями ОС ВО РУДН дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций

профессиональные компетенции:

- Владение фундаментальными знаниями в основных разделах физики плазмы, обладание навыками современных методов исследования, умение использовать информационно-поисковые системы в физике плазмы, а также владение техникой экспериментальных исследований (ПК-3);

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Методология научных исследований» направлен на формирование следующих компетенций

ПК-3 (в соответствии с ОС ВО РУДН)

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- области вычислительного эксперимента; изучение основ постановки численного эксперимента в современной прикладной физике; изучение принципов организации и проведения вычислительного эксперимента; изучение принципов и методов, лежащих в основе вычислительного эксперимента; ознакомление аспирантов с основными направлениями в вычислительном эксперименте в физике; изучение основных методов численного моделирования, используемых при постановке вычислительного эксперимента; создание численных моделей для изучения

сложных физических явлений и процессов, протекающих в действующих и проектируемых экспериментальных установках, и проведение аспирантов вычислительных экспериментов; оценка перспектив развития вычислительного эксперимента в прикладной физики.

Уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач; делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики

Владеть:

- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими и литературными данными;

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов
Аудиторные занятия (всего)	40
В том числе:	-
<i>Лекции</i>	-
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	-
<i>Семинары (С)</i>	68
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	-
Самостоятельная работа (всего)	108
Общая трудоемкость	час
	зач. ед.
	108
	3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

Название разделов (тем) дисциплины	Краткое содержание разделов (тем) дисциплины:
1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент – новая технология научных исследований.	Основа математического моделирования: модель – алгоритм – программа (код).
2. Основы моделирования сложных физических систем.	Сложные физические системы и основы их моделирования.
3. Модели плазмы.	Модели плазмы, основанные на уравнении Власова.
4. Метод частиц в ячейке.	Описание одномерных электростатических процессов методом частиц в ячейке.
5. Моделирование одномерных электромагнитных процессов.	Одномерные электромагнитные процессы и их моделирование.
6. Примеры одномерного электромагнитного моделирования.	Решение конкретных задач с использованием одномерного электромагнитного моделирования.
7. Метод частиц для двумерных и трехмерных плазменных процессов.	Описание двумерных и трехмерных плазменных процессов методом частиц.
8. Модель плазмы в условиях синхротронного гиромагнитного авторезонанса.	Построение модели плазмы в условиях синхротронного гиромагнитного авторезонанса.
9. Модель плазмы в условиях адиабатического сжатия.	Построение модели плазмы в условиях адиабатического сжатия.
10. Численная модель ультраминиатюрного синхротрона. 11. Способы управления динамикой релятивистских электронных сгустков.	Построение численной модели ультраминиатюрного синхротрона. Релятивистские электронные сгустки и способы управления их динамикой.

12. Коллективные ускорители ионов.	Одномерная численная модель коллективного ускорения протонов.
13. Трехмерная численная модель коллективного ускорения протонов.	Трехмерная численная модель коллективного ускорения протонов применительно к ускорителю ЭКРИПАК.
14. Численное моделирование генерации многозарядных ионов.	ЭЦР источники многозарядных ионов. Численное моделирование их формирования.
15. Динамика заряженных частиц в открытых магнитных ловушках.	Инструментальная среда для проведения вычислительного эксперимента по изучению динамики заряженных частиц в открытых магнитных ловушках.
16. Параллельные вычисления в современном вычислительном эксперименте.	Применение параллельных вычислений в современном вычислительном эксперименте.

5.2 Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практические занятия и лабораторные работы		СРС	Всего час.
			ПЗ/С	ЛР		
1.	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент – новая технология научных исследований. . Основы моделирования сложных физических систем. Модели плазмы. Метод частиц в ячейке.	5	5	-	17	27
2.	Моделирование одномерных электромагнитных процессов. Примеры одномерного электромагнитного моделирования. Метод частиц для двумерных и трехмерных плазменных процессов. Модель плазмы в условиях синхротронного гиромагнитного авторезонанса.	5	5	-	17	27
3.	Модель плазмы в условиях адиабатического сжатия. Численная модель ультраминиатюрного синхротрона. Способы управления динамикой релятивистских электронных сгустков.	5	5	-	17	27
4.	Коллективные ускорители ионов. Трехмерная численная модель коллективного ускорения протонов. Численное моделирование генерации многозарядных ионов.	5	5		17	27

	Динамика заряженных частиц в открытых магнитных ловушках. Параллельные вычисления в современном вычислительном эксперименте.					
	Итого:	20	20	-	68	108

6. Лабораторный практикум не предусмотрен

7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	Тема интерактивного занятия	Вид занятия	Трудоемкость (час.)
1.	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент – новая технология научных исследований.	ПЗ, беседа	2
2.	Основы моделирования сложных физических систем.	ПЗ, беседа	2
3.	Модели плазмы.	ПЗ, беседа	2
4.	Метод частиц в ячейке.	ПЗ, беседа	2
5.	Моделирование одномерных электромагнитных процессов.	ПЗ, беседа	2
6.	Примеры одномерного электромагнитного моделирования.	ПЗ, беседа	2
7.	Метод частиц для двумерных и трехмерных плазменных процессов.	ПЗ, беседа	2
8.	Модель плазмы в условиях синхротронного гиромагнитного авторезонанса.	ПЗ, беседа	2
9.	Модель плазмы в условиях адиабатического сжатия.	ПЗ, беседа	3
10.	Численная модель ультраминиатюрного синхротрона. Способы управления динамикой релятивистских электронных сгустков.	ПЗ, беседа	1

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийная аудитория или учебная аудитория с возможностью использования проектора и компьютерной техники для занятий по представлению презентационных материалов обучающимися. Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для проведения обучающимися самостоятельной работы и проведения компьютерного тестирования обучающихся (при необходимости).

9. Информационное обеспечение дисциплины:

а) программное обеспечение:

- ОС Windows, MS Office (программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions), браузер Firefox (лицензия MPL-2.0) или браузер Chrome (лицензия Google Chrome Terms of Service); Adobe Reader (Adobe Software License Agreement).

- ОС Linux, офисный пакет LibreOffice (лицензия MPL-2.0), ПО для просмотра pdf (например, evince (лицензия GPL-2+ CC-BY-SA-3.0)).
- б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:
- Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>
 - Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>
 - Springer/Kluwer <http://www.springerlink.com>. Журналы и книги издательства Springer/Kluwer охватывают различные области знания и разбиты на предметные категории.
 - Tailor & Francis <http://www.informaworld.com>. Коллекция журналов насчитывает более 1000 именованных по всем областям знаний.
 - Электронная библиотека <http://www.rsl.ru/>

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

Литература основная

1. Умнов А.М., Туриков В.А., Муратов М.Н., Сковорода А.А. Современные методы вычислительного эксперимента в прикладной физике. Учебное пособие. – М.:РУДН, 2008.
2. Ю.С. Сигов Вычислительный эксперимент: мост между прошлым и будущим физики плазмы. - М: Физматлит, 2008. 286 с.

Литература дополнительная

1. А.А.Самарский, П.Н.Вабищевич. [Математическое моделирование и вычислительный эксперимент](http://www.imamod.ru/~vab/matmod/MatMod.htm), Институт математического моделирования (Интернет-публикация) РАН, 2000. <http://www.imamod.ru/~vab/matmod/MatMod.htm>.
2. Вабищевич П.Н. Численное моделирование, - М.: МГУ. 1993. 152 с. Г. Хакен Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. - М.: КомКнига, 2005. 248 с.
3. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие /под ред. Гасникова А.В. — М.: МФТИ, 2010. — 362 с.
4. Ч. Бэдсел, А. Ленгдон Физика плазмы и численное моделирование. – М: Энергоатомиздат, 1989.
5. Р. Хокни, Дж. Иствуд Численное моделирование методом частиц. -М: Мир, 1987.
6. Ю.С. Сигов Вычислительный эксперимент: мост между прошлым и будущим физики плазмы. - М: Физматлит, 2001. 286 с.
7. R. Geller Electron Cyclotron Resonance Ion Sources and ECR Plasmas. IOP Publishing Ltd, 1996. 433 с.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Организационно-методическое построение курса.

Курс состоит из лекций и практических занятий, предусмотрено выполнение контрольных заданий. В программе курса предусмотрено выполнение большого числа трудоемких практических работ, связанных с созданием трехмерных численных моделей и выполнением численных экспериментов. В связи с этим преподаватель может выбрать по своему усмотрению лишь часть из включенных в курс практических работ. Изложение курса базируется на большинстве разделов курсов информатики, высшей математики (высшая алгебра, математический анализ, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных, методы математической физики), курсов общей

физики и теоретической физики (электродинамика, статистическая физика), специальных курсов (основы физики плазмы, физика ускорителей заряженных частиц), входящих в учебный план обучения бакалавра и магистра классического университета по направлению подготовки – физика.

Лекции построены на принципе «от простого к сложному» и реализуют непрерывную подготовку в рамках учебной программы. Каждая лекция сопровождается демонстрацией иллюстративного видеоматериала (презентаций, слайдов и т.п.) с использованием демонстрационных программ и инструментальных сред, созданных авторами курса для постановки и проведения вычислительного эксперимента.

Первым этапом практических занятий является обсуждение общей концепции, выполняемой работы и проверкой преподавателем самостоятельной работы каждого аспирантов, результатом которой является допуск (или недопуск) к выполнению работы. На втором этапе выполняет лабораторную работу, обрабатывает полученные результаты и составляет отчет согласно методическим требованиям. На третьем этапе обсуждаются отчеты аспирантов по выполненной теме с каждым аспирантом индивидуально, так и в составе всей группы.

Освоив курс, аспирант должен: овладеть методами постановки современного вычислительного эксперимента, научиться разрабатывать и применять численные модели, строить алгоритмы и писать программы (коды) на одном из языков программирования (предпочтительно на Фортране), а также использовать разработанные ранее алгоритмы и библиотеки подпрограмм.

Для контроля и закрепления аспирантами полученных знаний проводятся лабораторные занятия (6-8 практических работ), 1 контрольное практическое задание (по выбору). Предусмотрены: в каждом семестре зачет по практическим занятиям и по окончании курса – экзамен.

В рамках читаемого курса аспиранты выполняют практические работы, количество которых определено учебным планом по дисциплине, а также выполняют самостоятельную исследовательскую работу – контрольное практическое задание. Практическое учебное занятие проводится в профилированных учебных лабораториях с целью углубления знаний и приобретения навыков постановки и проведения вычислительного эксперимента.

Объектом изучения при проведении практических занятий является конкретный физический объект, рассматриваемый в предметной области изучаемой учебной дисциплины. Объект изучения (эффект, явление, образец, установка) может быть представлен в виде реального объекта или представлен в виде модели - физической, математической, графической, знаковой и т.д.

Контрольное практическое задание – самостоятельная учебная работа, направленная на постановку вычислительного эксперимента, связанного с совершенствованием и созданием работ вычислительного практикума.

Контрольное практическое задание представляет, заверченный материал, в котором представлены результаты самостоятельной работы аспиранта по разработке и постановке новых упражнений вычислительного практикума и связаны с совершенствованием постановки вычислительного эксперимента, разработки новых алгоритмов и программ и содержат авторское видение и решение поставленной задачи. Объектом исследований при выполнении контрольного практического задания являются существующие и вновь создаваемые численные модели вычислительного практикума.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Численные методы в физике плазмы» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Руководитель направления 03.06.01 «Физика и астрономия»

Директор института физических исследований и технологий,

д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза