

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы вычислений и вычислительная физика

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Физика конденсированного состояния

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы вычислений и вычислительная физика» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является обязательной для освоения, преподается на четвертом году обучения, в седьмом семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Математика», «Информационные технологии», «Применение численных методов в физике», «Методы математической физики».

Целями освоения дисциплины «Методы вычислений и вычислительная физика» являются:

- освоение обучающимися математических методов численного решения различных физических задач на ЭВМ;
- обучение студентов навыкам и приемам численного решения уравнений математической физики в частных производных;
- выработка у обучающихся компетенций в области численного моделирования, получение навыков постановки задач, построения численных схем и их практического исследования при моделировании физических процессов на ЭВМ.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Знание фундаментальных законов и практически ориентированных результатов в области физики для освоения профильных физических дисциплин Умение решать задачи профессиональной деятельности на основе применения знаний в области физики для освоения профильных физических дисциплин Владение навыками применения математических методов в области физики для освоения профильных физических дисциплин для решения задач профессиональной	Контрольная работа	Контрольные вопросы Задания

ПК-3 Способен проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Демонстрация способности проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Знание фундаментальных законов и практически ориентированных результатов с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта Умение решать задачи профессиональной деятельности с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта Владение навыками исследований с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Контрольная работа	Контрольные вопросы Задания
--	---	--	--------------------	--------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36 экзамен

Содержание дисциплины «Методы вычислений и вычислительная физика»

		В ТОМ ЧИСЛЕ	
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них	С

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Метод прогонки. Уравнения математической физики. Метод прогонки численного решения системы алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей. Уравнения математической физики в частных производных: классификация, граничные и начальные условия. Шаблоны и варианты разностных схем для уравнений математической физики.	21	—	—	6	6	15
2. Дискретное Фурье-преобразование. Свойства непрерывного и дискретного преобразования Фурье. Выбор схемы дискретизации.	21	—	—	6	6	15
3. Численное моделирование процессов диффузии и теплопроводности в неоднородных и однородных средах. Уравнения математической физики в частных производных: классификация, граничные и начальные условия. Шаблоны и варианты разностных схем для уравнений математической физики. Явная схема интегрирования первого порядка точности и ее устойчивость. Абсолютная устойчивость неявных схем. Неявная схема первого порядка точности. Неявная схема Кранка-Николсона. Схема Дюфорта-Франкеля. Разностные схемы численного решения нелинейных уравнений теплопроводности (диффузии).	21	—	—	6	6	15
4. Численное моделирование волновых процессов и процессов	21	—	—	6	6	15

<p>переноса вещества. Уравнения гиперболического типа. Разностные схемы для уравнений малых поперечных колебаний струны, продольных колебаний стержня, одномерного уравнения переноса. Граничные и начальные условия для одномерного волнового уравнения и уравнения переноса. Трехслойная разностная схема для одномерного волнового уравнения и ее устойчивость. Схема Лакса для одномерного уравнения переноса. Устойчивость схемы.</p>						
<p>5. Расчет потенциала электростатического поля в различных областях двумерного пространства. Уравнения эллиптического типа. Двумерное уравнение Пуассона. Граничные условия. Методы численного решения. Преобразование Фурье и циклическая редукция. Точное решение матричного уравнения.</p>	23	—	—	8	8	15
В т.ч. текущий контроль	2	2				—
Промежуточная аттестация – зачет						

2. Образовательные технологии

- 1) методика «вопросы и ответы»;
- 2) выполнение практического задания у доски;
- 3) индивидуальная работа над практическим заданием;
- 4) работа в парах над практическим заданием.

3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

4. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Методы вычислений и вычислительная физика» является **зачет**.

По итогам зачета выставляется оценка «Зачтено» или «Не зачтено». Оценка «Не зачтено» означает отсутствие аттестации, оценка «Зачтено» выставляется при успешном прохождении аттестации.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«**Не зачтено**» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«**Зачтено**» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. При проведении промежуточной аттестации обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Методы вычислений и вычислительная физика»:

1. Дифференциальные уравнения математической физики в частных производных второго порядка: методы аналитического и численного решения. Шаблоны, разностные схемы.
2. Двумерное уравнение Пуассона. Фурье-преобразование и циклическая редукция.
3. Одномерное уравнение переноса. Схема Лакса.
4. Трехслойная разностная схема для одномерного волнового уравнения.
5. Уравнение теплопроводности. Метод Кранка-Никольсона.
6. Неявная схема первого порядка точности для одномерного уравнения теплопроводности.
7. Одномерное уравнение теплопроводности. Явная схема первого порядка точности.
8. Критерий устойчивости Неймана разностных схем для дифференциальных уравнений в частных производных математической физики.
9. Точность разностных аппроксимаций дифференциальных операторов.
10. Классификация дифференциальных уравнений математической физики в частных производных второго порядка.

6.3.2. Примеры практических заданий для практикумов, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Исследовать устойчивость трехслойной разностной схемы

$$\frac{U^{n+1} - U^{n-1}}{2\tau} = \frac{U^n - 2U^n + U^n}{h^2}.$$

2. При каких значениях $\theta \in [0;1]$ будет устойчивой разностная схема

$$\frac{U^{n+1} - U^n}{\tau} = \left(-\theta \right) \frac{U^{n+1} - 2U^{n+1} + U^{n+1}}{h^2} + \theta \frac{U^n - 2U^n + U^n}{h^2} ?$$

3. Выяснить условия устойчивости схемы Дюфорта-Франкеля

$$\frac{U^{n+1} - U^{n-1}}{2\tau} = D \frac{U^n - U^{n-1} - U^{n+1} + U^n}{h^2}.$$

4. Исследовать устойчивость разностной схемы

$$\frac{U^{n+1} - U^n}{\tau} + a \frac{U^n - U^{n-1}}{2h} = \frac{h^2 U^n - 2U^{n+1} + U^{n-1}}{2\tau} = 0.$$

5. При каких $\theta \in [0;1]$ устойчива схема

$$\frac{U^{n+1} - U^n}{\tau} + \theta \frac{U^n - U^{n-1}}{h} + (1 - \theta) \frac{U^n - U^{n+1}}{h} = 0$$

6. При каких $\theta \in [0;1]$ устойчива схема

$$\frac{U^{n+1} - U^n}{\tau} + \theta \frac{U^n - U^{n-1}}{h} + (1 - \theta) \frac{U^n - U^{n+1}}{h} = 0$$

7. Исследовать устойчивость разностной схемы

$$\frac{U^{n+1} - U^n}{\tau} + a \frac{U^n - U^{n-1}}{2h} = \frac{h^2 U^n - 2U^{n+1} + U^{n-1}}{2\tau} = 0.$$

8. Выяснить условия устойчивости схемы Дюфорта-Франкеля

$$\frac{U^{n+1} - U^{n-1}}{2\tau} = D \frac{U^n - U^{n-1} - U^{n+1} + U^n}{h^2}.$$

9. При каких значениях $\theta \in [0;1]$ будет устойчивой разностная схема

$$\frac{U^{n+1} - U^n}{\tau} = (1 - \theta) \frac{U^{n+1} - 2U^{n+1} + U^{n+1}}{h^2} + \theta \frac{U^n - 2U^n + U^n}{h^2} ?$$

10. Исследовать устойчивость трехслойной разностной схемы

$$\frac{U^{n+1} - U^{n-1}}{2\tau} = \frac{U^n - 2U^n + U^n}{h^2}.$$

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Д. Поттер. Вычислительные методы в физике. – М.: Мир, 1975. – 392 с. – Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 4 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=34310>.

2. С.К. Годунов. Решение систем линейных уравнений. – Новосибирск: Наука, 1980. – 177 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 4 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=70820>.

б) дополнительная литература:

1. Н.Н. Калиткин. Численные методы. – М.: Наука, 1978. – 512 с. – Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 3 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=461915>.
2. А.А. Самарский. Введение в численные методы. – М.: Наука, 1982. – 271 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 4 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=62123>.
3. А.А. Самарский, А.В. Гулин. Численные методы. – М.: Наука, 1989. – 429 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 2 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=62124>.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- 1) пакеты символьной математики Wolfram Mathematica и MathWorks MATLAB;
- 2) Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ
<http://www.lib.unn.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Для проведения практикумов, связанных с работами на персональных компьютерах, используются терминал-классы, оборудованные в соответствии с требованиями охраны труда.

ННГУ обеспечен всем необходимым программным обеспечением для проведения практических занятий, связанных с работами на персональных компьютерах.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Автор(ы):

доцент кафедры теоретической физики
физического факультета,

к. ф.-м. н., доцент _____ / Перов А.А. /

Рецензент(ы):

Заведующий кафедрой:

Зав. кафедрой теоретической физики
физического факультета,

д. ф.-м. н., доцент _____ / Бурдов В.А. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ от « 20 » _____ мая 2023 года,
протокол № б/н.

Председатель

Учебно-методической комиссии

физического факультета ННГУ _____ / Перов А.А. /