

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур
_____ (Середин П.В.)
28.08.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.14 Моделирование физических процессов

1. Код и наименование направления подготовки:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки:

Физика наноматериалов и новых медицинских технологий

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физики твердого тела
и наноструктур

6. Составители программы: Дубровский О.И., кандидат физ.-мат наук, доцент

7. Рекомендована:

НМС физического факультета ВГУ протокол № 6 от 26.06.2020 г.

8. Учебный год: 2022-2023

Семестр: 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель учебной дисциплины – подготовка обучающихся к решению научно-исследовательских задач физической направленности с помощью компьютерного моделирования.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование и использование знаний основных вычислительных методов, применяемых в физике,
- формирование знаний характеристик и особенностей задач и алгоритмов, используемых при моделировании физических процессов;
- формирование умений анализировать устойчивость и точность численного моделирования в физике;
- овладение методами и приёмами компьютерного моделирования физических процессов, включающего построение и анализ математической модели, разработку вычислительных алгоритмов и программного обеспечения для компьютерной реализации модели.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина относится к числу обязательных дисциплин вариативной части основной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	знать: - теоретические и методологические основы профильных физических дисциплин и способы их использования при моделировании физических процессов; - физические и математические законы, лежащие в основе методов, применяемых для моделирования физических процессов. уметь: - применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин, для моделирования физических процессов. владеть: - навыками применения методов физико-математического моделирования процессов.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. – 3/108.

Форма промежуточной аттестации: зачет

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам 8 семестр
Аудиторные занятия		48	48
в том числе:	лекции	12	12
	практические		
	лабораторные	36	36
	групповые консультации		
Самостоятельная работа		60	60
Форма промежуточной аттестации – зачет			
Итого:		108	108

13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	Место вычислительного эксперимента в физике. Общая схема вычислительного эксперимента. Этапы вычислительного эксперимента и их краткая характеристика.
1.2	Вычислительные задачи и алгоритмы	Корректность вычислительной задачи. Обусловленность вычислительной задачи. Вычислительные методы. Вычислительные алгоритмы (Корректность вычислительного алгоритма. Вычислительная устойчивость. Чувствительность вычислительных алгоритмов к ошибкам округления. Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам).
1.3	Стандартные методы вычислений в физике	<p>Моделирование физических процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями. Алгоритм Эйлера решения задачи о теплообмене. Анализ устойчивости метода Эйлера.</p> <p>Колебательные системы. Простой гармонический осциллятор. Численное моделирование гармонического осциллятора с помощью алгоритма Эйлера-Кромера.</p> <p>Краевые задачи. Алгоритм Нумерова. Уравнение Пуассона. Алгоритм численного решения уравнения Пуассона и анализ его устойчивости. Линейная коррекция численного решения.</p> <p>Собственные значения волнового уравнения. Задача о поперечных колебаниях натянутой струны с однородной плотностью. Метод шагового поиска.</p> <p>Алгоритм численного решения стационарного уравнения Шредингера с одномерным потенциалом.</p>
1.4	Методы моделирования электронной структуры.	<p>Постановка проблемы расчета электронных состояний в многочастичных системах и общий подход к ее решению. Основы теории функционала плотности.</p> <p>Электроны в периодическом потенциале. Вариационный метод Ритца.</p> <p>Построение кристаллических потенциалов.</p> <p>Обзор методов зонной теории. Метод присоединенных плоских волн и его практические аспекты. Линеаризация методов зонной теории. Метод псевдопотенциала.</p>
2. Лабораторные занятия		
2.1	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	
2.2	Вычислительные задачи и алгоритмы	
2.3	Стандартные методы вычислений в физике	<p>Лабораторная работа 1. Решение задачи о теплообмене с помощью алгоритма Эйлера.</p> <p>Лабораторная работа 2. Численное моделирование гармонического осциллятора с помощью алгоритма Эйлера-Кромера.</p> <p>Лабораторная работа 3. Численное решение уравнения Пуассона с заданным распределением заряда.</p> <p>Лабораторная работа 4. Задача о поперечных колебаниях натянутой струны с однородной плотностью.</p> <p>Лабораторная работа 5. Алгоритм численного решения стационарного уравнения Шредингера с одномерным по-</p>

		тенциалом. Лабораторная работа 6. Моделирование энергетического спектра электрона в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме
2.4	Методы моделирования электронной структуры.	Лабораторная работа 7. Компьютерное моделирование энергетического спектра многоэлектронного атома. Лабораторная работа 8. Компьютерное моделирование кристаллического потенциала. Лабораторная работа 9. Расчет зонной структуры кристалла с помощью метода линейаризованных присоединенных плоских волн. Лабораторная работа 10. Расчет электронной структуры кристалла методом псевдопотенциала.

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	2			4	6
2	Вычислительные задачи и алгоритмы	2			6	8
3	Стандартные методы вычислений в физике	4		20	20	44
4	Методы моделирования электронной структуры.	4		16	30	50
	Итого:	12		36	60	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Моделирование физических процессов» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины. Дисциплина «Моделирование физических процессов» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные занятия; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда. Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить, как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но

и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;

- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: участием в лабораторных занятиях, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Лабораторное занятие является эффективной формой организации учебного процесса в высшем учебном заведении, которая основывается на самостоятельной работе студентов. Лабораторные занятия не только закрепляют теоретические знания, но и позволяют студенту глубоко изучать механизм применения этих знаний, овладевать важным для специалиста умением интеллектуального проникновения в те процессы, которые исследуют на лабораторном занятии. Под влиянием этой формы занятий студентов часто возникают новые идеи научного и технического характера, которые используются в курсовых, квалификационных, дипломных работах. Лабораторные занятия в значительной степени обеспечивают отработку умений и навыков принятия практических решений в научной и производственной деятельности.

Приступая к работе в лаборатории, студенту следует знать, что любое несоблюдение расписания занятий и дисциплины будет считаться нарушением его служебных обязанностей. Преподаватель, который впервые встречается со студентами на вводном занятии, должен ознакомить их с общими правилами работы в лаборатории, которые они обязаны неукоснительно выполнять.

Успех проведения конкретного лабораторного занятия зависит от его подготовки, которая включает: глубокое изучение студентами теоретического материала; подготовку необходимой учебно-материальной базы и документации (инструкций, методических разработок и т.п.); подготовку преподавателя и студентов. Подготовку к лабораторному занятию осуществляют в несколько этапов: предварительная подготовка, начало работы, ее выполнение, составление отчета и оценки работы преподавателем.

Предварительную подготовку к работе в лаборатории осуществляют в отведенное для самостоятельной работы время. Готовясь к ней, студент прежде всего должен осознать ее цель, усвоить теоретический материал, добиться четкого представления о физических процессах, которые исследуются на лабораторном занятии.

С целью качественного выполнения лабораторной работы преподаватели проверяют готовность студентов. Это происходит в форме беседы с каждым студентом, в процессе которой выявляют знания теоретического материала по теме работы, или в форме компьютерного тестирования по этим же вопросам. Таким образом выявляют уровень теоретической подготовки студентов, практические навыки, умение применять знания для решения практических задач.

После экспериментальной части работы студенты должны ответить на контрольные вопросы, преподаватель использует для оценки знаний и экспериментальных умений, и навыков студента при зачете его работы.

Следовательно, проведение занятия предусматривает следующие этапы: предварительный контроль подготовленности студентов к выполнению конкретной лабораторной работы; выполнения конкретных задач в соответствии с предложенной тематикой; оформление индивидуального отчета; оценивания преподавателем результатов работы студентов.

Завершается лабораторная работа оформлением индивидуального отчета и его защитой перед преподавателем. Итоговые оценки выставляют в журнале учета выполнения лабораторных работ и учитывают при выставлении зачета по дисциплине.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной

деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Моделирование физических процессов» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 24 часа
подготовку к лабораторным занятиям	– 18 часов
написание отчетов по лабораторным работам	– 18 часов
итоги	– 60 часов

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике (в 2-х ч.) / Х. Гулд – М.: Мир, 1990. – 349 с. (1 ч.), 400 с. (2 ч.). – Режим доступа: https://www.studmed.ru/guld-h-tobochnik-ya-kompyuternoe-modelirovanie-v-fizike-chasti-1-2_82e0a14b154.html
2.	Поттер Д. Вычислительные методы в физике / Д. Поттер. – М.: Мир, 1975. – 395 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457033
3.	Курганский, С.И. Задачи по численным методам. Учебно-методическое пособие для вузов / С.И. Курганский, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев // Воронежский государственный университет. – Воронеж. – 2013. - 33 с. – URL : https://lib.vsu.ru/zgate?present+5585+default+61+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Губина Т.Н. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Компьютерное моделирование»: учебное пособие / Т.Н. Губина, И.Н. Тарова ; Министерство образования Российской Федерации, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина. – Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2004. – 155 с. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=272142
5.	Поршнева, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие / С. В. Поршнева. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 736 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/167842
6.	Кунин С. Вычислительная физика / С. Кунин. – М.: Мир, 1992. – 518 с.
7.	Электронная структура конденсированных сред / Кацнельсон А.А. [и др.]. - М.: Изд-во МГУ, 1990. – 237 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
8.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
9.	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал «Электронный университет ВГУ»
10.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
11.	https://e.lanbook.com – ЭБС «Лань»
12.	https://lib.rucont.ru – ЭБС Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ»

13.	https://www.studentlibrary.ru – ЭБС «Консультант студента»
14.	https://www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
15.	https://www.znaniium.com – ЭБС «Znaniium.com»
16.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
17.	Курганский, С.И.,. Вычислительные методы для физиков. Часть 1. Аппроксимация функций, численное дифференцирование / С.И Курганский, О.И. Дубровский, Л.И. Куркина. – Воронежский государственный университет. - 1998. - 24 с.
18.	Курганский, С.И. Вычислительные методы для физиков. Часть 2. Численное интегрирование, численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений / С.И Курганский, О.И. Дубровский, Л.И. Куркина. – Воронежский государственный университет. - 1999. - 32 с.
19.	Курганский С.И. Вычислительные методы для физиков. Часть 3. Численные методы линейной алгебры, методы решения нелинейных уравнений / С.И Курганский, О.И. Дубровский, Л.И. Куркина. – Воронежский государственный университет. - 1999. - 16 с.
20.	Курганский, С.И. Методы зонной теории. Часть 1. Методические указания по курсу «Вычислительные методы в теории твердого тела» / С.И. Курганский, Н.С. Переславцева, О.И. Дубровский. – Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2006. - 20 с. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/sep06011.pdf

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

№ п/п	Ресурс
1.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
2.	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал «Электронный университет ВГУ»
3.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лабораторные работы выполняются в лаборатории компьютерных технологий, САПР и математического моделирования кафедры физики твердого тела и наноструктур: Компьютеры Pentium Intel Core i7 - 6 шт., компьютеры Pentium Intel Core Duo - 8 шт. с лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; программные пакеты собственной разработки (свидетельства о гос. рег. программ для ЭВМ № 2011614890 от 22.06.2011; № 2011615201 от 01.07.2011), и свободно распространяемым программным обеспечением:

Lazarus (GNU General Public License (GPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://www.lazarus-ide.org/index.php>);

LibreOffice (GNU Lesser General Public License (LGPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://ru.libreoffice.org/about-us/license/>).

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ПК-4	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы современных вычислительных методов, применяемых в физике; - требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам. 	<p>Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Вычислительные задачи и алгоритмы</p>	Устный опрос
	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - характеристики и особенности задач и алгоритмов, используемых при моделировании физико-химических процессов; - физические и математические законы, лежащие в основе методов, применяемых для моделирования физических процессов. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать устойчивость и точность численного моделирования в физике. <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками применения методов физико-математического моделирования процессов. 	Стандартные методы вычислений в физике	Устный опрос; Лаб. работы 1 - 6
	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретические и методологические основы профильных физических дисциплин и способы их использования при моделировании физических процессов. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин, для моделирования физических процессов. - проводить вычислительный эксперимент с использованием современных компьютерных технологий. 	Методы моделирования электронной структуры	Устный опрос: Лаб. работы 7 - 10
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Моделирование физических процессов» осуществляется по следующим показателям:

- качество выполнения студентом лабораторных работ;
- качество материалов, представленных в отчетах студента по лабораторным работам;
- полнота и качество ответов студента на вопросы при текущем контроле - собеседование, отчет по лабораторной работе, защита лабораторных работ.

Оценка на зачете выставляется по результатам текущей аттестации (критерии оценивания приведены ниже). Отметка *зачтено* выставляется в случае, когда работа студента соответствует повышенному, базовому или пороговому уровню сформированности компетенций. Отметка *не зачтено* выставляется в случае несформированности компетенций.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач при выполнении лабораторных работ	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении лабораторных работ и ответах на вопросы при текущем контроле	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять лабораторные задания, допускает ошибки при ответах на вопросы при текущем контроле	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Неудовлетворительное выполнение лабораторных работ. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные теоретические знания, низкое качество работы при выполнении лабораторных заданий, допускает грубые ошибки при ответах на вопросы при текущем контроле	–	Неудовлетворительно

19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень тем лабораторных работ:

- Лабораторная работа 1. Решение задачи о теплообмене с помощью алгоритма Эйлера.
 Лабораторная работа 2. Численное моделирование гармонического осциллятора с помощью алгоритма Эйлера-Кромера.
 Лабораторная работа 3. Численное решение уравнения Пуассона с заданным распределением заряда.
 Лабораторная работа 4. Задача о поперечных колебаниях натянутой струны с однородной плотностью.
 Лабораторная работа 5. Алгоритм численного решения стационарного уравнения Шредингера с одномерным потенциалом.
 Лабораторная работа 6. Моделирование энергетического спектра электрона в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме

Лабораторная работа 7. Компьютерное моделирование энергетического спектра многоэлектронного атома.

Лабораторная работа 8. Компьютерное моделирование кристаллического потенциала.

Лабораторная работа 9. Расчет зонной структуры кристалла с помощью метода линейаризованных присоединенных плоских волн.

Лабораторная работа 10. Расчет электронной структуры кристалла методом псевдопотенциала.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме собеседования при защите отчетов по лабораторным работам. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Программа рекомендована НМС физического факультета протокол № 6 от 26.06.2020.