

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.)  
01.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерные технологии в нано и микросистемном инжиниринге**<sup>Код</sup>

*и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

03.04.02 Физика

**2. Профиль подготовки/специализация:** Физика передовых технологий производства изделий микро- и нанoeлектроники

**3. Квалификация выпускника:** магистр

**4. Форма обучения:** очная

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

**6. Составители программы:** Буйлов Никита Сергеевич, к.ф.-м.н., доцент

**7. Рекомендована:** НМС физического факультета, №2 от 23.03.2023

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр(ы):** 2

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью преподаваемой дисциплины является формирование знаний в области разработки изделий нано и микросистемной техники, включая системный, функциональный, конструкторский и технологический этапы проектирования.

Основной задачей дисциплины является подготовка студентов для решения научно-исследовательских и научно-технических задач нано и микросистемного инжиниринга с применением компьютерного моделирования.

В результате изучения курса студент должен:

знать:

методы формального описания компонентов нано и микросистемной техники;

методы расчета и моделирования базовых компонентов нано и микросистемной техники;

методы расчета и моделирования базовых процессов при изготовлении

компонентов нано и микросистемной техники.

уметь:

формализовать разрабатываемые материалы, процессы, изделия, как объекты проектирования;

использовать современные аппаратно-программные средства для решения задач проектирования изделий нано и микросистемной техники.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерные технологии в нано- и микросистемном инжиниринге относится к части формируемой участниками образовательных отношений блока Б1, дисциплины по выбору в структуре ОПОП.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Осуществляет контроль параметров технологических операций	ПК-2.1	Измеряет технологические и электрофизические параметры формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий с помощью современной аппаратуры	Знать: технологические и электрофизические параметры формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий с помощью современной аппаратуры
				Уметь: измерять технологические и электрофизические параметры формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий с помощью современной аппаратуры
				Владеть: навыками измерения технологических и электрофизических параметров формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий с помощью современной аппаратуры
ПК-3	Участвует в разработке технологических процессов, их оптимизации и внедряет их в производство	ПК-3.1	Осуществляет поэтапный контроль технологических и электрофизических параметров	Знать: методы поэтапного контроля технологических и электрофизических параметров
				Уметь: применять методы поэтапного контроля технологических и электрофизических параметров
		ПК-3.2	Применяет методы физико-математического	Владеть: навыками применения методов поэтапного контроля технологических и электрофизических параметров
				Знать: методы физико-математического моделирования процессов и изделий электроники и наноэлектроники

			моделирования процессов и изделий электроники и наноэлектроники	Уметь: применять методы физико-математического моделирования процессов и изделий электроники и наноэлектроники Владеть: навыками применения методов физико-математического моделирования процессов и изделий электроники и наноэлектроники
--	--	--	---	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час (в соответствии с учебным планом) 3/108.**

**Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) экзамен**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			Семестр № 2
Аудиторные занятия		32	32
в том числе:	лекции	32	32
	практические		
	лабораторные		
Самостоятельная работа		40	40
Контроль		36	36
Форма промежуточной аттестации – экзамен			
Итого:		108	108

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Системный подход к проектированию нано и микросистем	Уровни описания проектируемых объектов: системный, функциональный Уровни описания проектируемых объектов: системный, функциональный, конструкторский, технологический. Функциональные, структурно-морфологические, математические, информационные, теоретические, эмпирические, аналитические модели. Операции, процедуры и этапы проектирования. Классификация параметров проектируемых объектов: фазовые переменные; внутренние, внешние и выходные параметры. Системные константы и размерности величин. Классификация проектных процедур: анализ и синтез (параметрический, структурный). Системы автоматизированного проектирования (САПР). База знаний и банки данных.
1.2	Формализация объектов нано и микросистемной техники	Понятие «структура» и способы его представления: — симметричные, термодинамические, вероятностные, информационные. Основные методы описания объектов и процессов: термодинамический, статистический, кинетический Теория подобия. Обобщенное описание объектов микросистемной техники: интенсивные и экстенсивные параметры, степени свободы, функции распределения; обобщенные силы и потоки; уравнения переноса, баланса сил, непрерывности: законы сохранения. Соотношение Онзагера для открытых систем. Вариационные принципы.
1.3	Проектирование компонентов нано и	Механические модели в электромеханике: механическое равновесие, уравнение баланса динамических величин, уравнение движения.

	микроэлектромеханики	Физико-математические и морфолого-топологические модели базовых элементов «объемной» и «поверхностной» микромеханики: статические и динамические модели мембран, балок, струн, маятников: размерные эффекты, масштабирование. Моделирование микросистем с электрическими и магнитными полями: полевые уравнения, краевые задачи; проектирование электростатических и электромагнитных приводов движения: расчет конструкции пьезоэлектрического и магнитострикционного микроактюатора. Моделирование процессов поглощения и диссипации энергии в микроэлектромеханических системах, термический анализ. Моделирование микропотоков жидкости и газа в капиллярах и микроклапанах.
1.4	Проектирование компонентов nano и микрооптики	Физико-математические модели базовых компонентов оптических систем: спектральные фильтры, интерференционные покрытия, зеркала, линзы, дифракционные решетки. Моделирование распространения света в объемном и планарном волноводе; рассеяние света на микронеоднородностях. Проектирование базовых элементов управления оптическим излучением: электро-, акусто-, магнитооптическая ячейки. Методика расчета оптического тракта устройства интегральной оптики: физико-топологическая модель, эффекты масштабирования, размерный фактор.
1.5	Проектирование радиоэлектронных компонентов	Физико-математические модели радиоэлектронных компонентов: резисторы, конденсаторы, индуктивности, диоды, транзисторы, трансформаторы, коммутационные линии. Физико-технологические и топологическая модели элементной базы интегральных микросхем: моделирование базовых технологических операций, аналитическое описание фрагментов базовых биполярных и униполярных структур, эффекты масштабирования. Моделирование элементов интегральных микросхем в процессе функционирования: диффузионно-дрейфовая физико-топологическая модель. методы численного решения уравнения в частных производных.
1.6	САПР компонентов nano и микросистемной техники	Структура систем автоматизированного проектирования. Виды обеспечения САПР: методическое, математическое, лингвистическое, информационное, программное, аппаратное. Аппаратные средства обеспечения САПР объектов микросистемной техники. Базовые пакеты прикладных программ MEMСАП: моделирование механических и термомеханических процессов. моделирование термических процессов. моделирование конформных преобразований твердых тел, моделирование микропотоков жидкостей и газа, моделирование электростатических процессов, моделирование пьезорезистивных элементов, частотный анализ. Международная стандартизация в области автоматизации проектирования микросистем.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Системный подход к проектированию nano и микросистем	6			8	14
2	Формализация объектов nano и микросистемной техники	5			6	11
3	Проектирование компонентов nano и микроэлектромеханики	5			6	11
4	Проектирование компонентов nano и микрооптики	5			6	11
5	Проектирование радиоэлектронных компонентов	5			6	11

САПР компонентов нано и микросистемной техники	6			8	14
Итого:	32			40	72

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного усвоения дисциплины “ Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерные технологии в нано и микросистемном инжиниринге ” необходимо освоить и изучить основные разделы, а именно темы: Системный подход к проектированию нано и микросистем, Формализация объектов нано и микросистемной техники, Проектирование компонентов нано и микроэлектромеханики, Проектирование компонентов нано и микрооптики, Проектирование радиоэлектронных компонентов, САПР компонентов нано и микросистемной техники. Для успешной сдачи экзамена по курсу, необходимо выучить конспекты лекций по всем темам, а также успешно написать две текущие контрольные в течение семестра.

Дисциплина «Компьютерные технологии в нано и микросистемном инжиниринге» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы; 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, информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., работа с электронными обучающими программами и т.п.). Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. 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 и быстрее вспомнить, когда требуется.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

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:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- 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: написанием рефератов, участием в лабораторных работы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента. Лабораторные и практические занятия выполняются студентами под руководством преподавателя. При выполнении практических работ студенты используют материально-техническое обеспечение кафедры.

Самостоятельная работа – планируемая работа обучающихся, выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. 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.

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 «Компьютерные технологии в нано и микросистемном инжиниринге» включает в себя : изучение теоретической части курса – 54 часов

## **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)**

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. М.: Высшая школа, 1986.
2.	Системы автоматизированного проектирования в радиоэлектронике. Шод ред. И.П. Норенкова. М.: Радио и связь, 1986.
3.	Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Высшая школа, 1985.
4.	Казенков Г.Г., Соколов АГ. Принципы и методология построения САПР БИС. -М.: Высшая школа, 1990.
5.	Кремлев В.Я. Физико-топологическое моделирование структур элементов БИС. -М.: Высшая школа, 1990.
6.	Бубенников А.Н. Моделирование интегральных микротехнологий, приборов и схем. М.: Высшая школа, 1989.
7.	Футик., Судзуки Н. Язык программирования и схемотехника СБИС. -М.: Мир, 1988.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Базаров И.П. Термодинамика. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 199].
2.	Джамп Д. АчюСаО. Программирование. Пер. с англ. Под ред. Богданова А.С. М.: Радио и связь. 1992.
3.	Проектирование СБИС. М. Ватанабэ и др. М.: Мир, 1988.
4.	Моделирование полупроводниковых приборов и технологических процессов. Под ред. Миллера Д. Пер. с англ. Под ред. Гадияка Г.В. М.: Радио и связь, 1989.
5.	Ганенков Н.А., Закржевский В.И., Пчелко Н.С. Теория и расчет электромеханических преобразователей на активных диэлектриках. С-Пб: РИО ЭТУ, 1995.
6.	Лукьянов Д.П., Скворцов В.Ю. Микроэлектронные акселерометры инерциальных систем навигации. СПбГЭТУ. 1999.
7.	Кальнин А.А., Лучинин В.В. Структурное программирование в микроэлектронике. Л.: РИО ЛЭТИ, 1980.

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

№ п/п	Ресурс
8.	<a href="https://lanbook.com">https://lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
9.	<a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
10.	<a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> – ЭБС «IPRbooks»

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ
2.	<a href="http://www.moodle.vsu.ru">http://www.moodle.vsu.ru</a>
3.	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

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.).

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория компьютерных технологий кафедры физики твердого тела и наноструктур, свободно распространяемый Комплекс программных средств САПР MEMCAD (лаб. 21)  
Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Системный подход к проектированию нано и микросистем	ПК-2	ПК-2.1	Устный опрос
2.	Формализация объектов нано и микросистемной техники	ПК-2	ПК-2.1	Устный опрос
3.	Проектирование компонентов нано и микроэлектромеханики	ПК-3	ПК-3.2	Устный опрос
4.	Проектирование компонентов нано и микрооптики	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос
			ПК-3.2	
5.	Проектирование радиоэлектронных компонентов	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос
			ПК-3.2	
6	САПР компонентов нано и микросистемной техники	ПК-2	ПК-2.1	
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплет КИМ

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

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 выполнения тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ	–	<i>Неудовлетворительно</i>

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

## **Комплект КИМ**

### **Контрольно-измерительный материал № 1**

1. Уровни описания проектируемых объектов: системный, функциональный, конструкторский, технологический.
2. Операции, процедуры и этапы проектирования.

### **Контрольно-измерительный материал № 2**

1. Классификация параметров проектируемых объектов: фазовые переменные; внутренние, внешние и выходные параметры.
2. Системные константы и размерности величин.

### **Контрольно-измерительный материал № 3**

1. Понятие «структура» и способы его представления: — симметричные, термодинамические, вероятностные, информационные.
2. Обобщенное описание объектов микросистемной техники: интенсивные и экстенсивные параметры, степени свободы, функции распределения

### **Контрольно-измерительный материал № 4**

1. Основные методы описания объектов и процессов: термодинамический, статистический, кинетический
2. Механические модели в электромеханике: механическое равновесие, уравнение баланса динамических величин, уравнение движения.

### **Контрольно-измерительный материал № 5**

1. Физико-математические и морфолого-топологические модели базовых элементов «объемной» и «поверхностной» микромеханики.
2. Моделирование микросистем с электрическими и магнитными полями.

### **Контрольно-измерительный материал № 6**

1. Физико-математические модели базовых компонентов оптических систем: спектральные фильтры, интерференционные покрытия, зеркала, линзы, дифракционные решетки.
2. Моделирование микропотоков жидкости и газа в капиллярах и микроклапанах.

### **Контрольно-измерительный материал № 7**

1. Физико-математические модели радиоэлектронных компонентов: резисторы, конденсаторы, индуктивности, диоды, транзисторы, трансформаторы, коммутационные линии.
2. Физико-технологические и топологические модели элементной базы интегральных микросхем: моделирование базовых технологических операций, аналитическое описание фрагментов базовых биполярных и униполярных структур, эффекты масштабирования.

### **Контрольно-измерительный материал № 8**

1. Моделирование элементов интегральных микросхем в процессе функционирования: диффузионно-дрейфовая физико-топологическая модель.
2. Методы численного решения уравнения в частных производных.

### **Описание технологии проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления курсовых работ и отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Физика конденсированного состояния» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

### **20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ:**

ПК-2: осуществляет контроль параметров технологических операций

Индикатор: ПК-2.1

ПК-3: участвует в разработке технологических процессов, их оптимизации и внедряет их в производство

Индикатор: ПК-3.1; ПК-3.2

Перечень заданий для проверки сформированности компетенций:  
Закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Какая модель является предметом формализации?

- а) описательная
- б) математическая**
- в) графическая
- г) материальная

2. Построение модели исходных данных; построение модели результата, разработка алгоритма, разработка программы, отладка и исполнение программы, анализ и интерпретация результатов:

- а) анализ существующих задач
- б) этапы решения задачи с помощью компьютера**
- в) процесс описания информационной модели
- г) процесс оценки сложности задачи

3. Процесс построения информационных моделей с помощью формальных языков называется:

- а) планированием
- б) визуализацией
- в) формализацией**
- г) демонстрацией

4. Расписание движения поездов может рассматриваться как пример:

- а) табличной модели**
- б) натурной модели
- в) математической модели
- г) физической модели

5. Математическая модель объекта:

- а) совокупность данных, содержащих информацию о количественных характеристиках объекта и его поведении в виде таблицы
- б) созданная из какого-либо материала модель, точно отражающая внешние признаки объекта-оригинала
- б) созданная из какого-либо материала модель, не отражающая точно внешние признаки объекта-оригинала
- в) совокупность записанных на языке математики формул, отражающих те или иные свойства объекта-оригинала или его поведение**

6. Натурное (материальное) моделирование:

- а) моделирование, при котором в модели узнается какой-либо отдельный признак объекта-оригинала
- б) моделирование, при котором в модели узнается моделируемый объект, то есть натурная (материальная) модель всегда имеет визуальную схожесть с объектом-оригиналом**
- в) создание математических формул, описывающих форму или поведение объекта-оригинала
- в) создание физического образца, в котором отражена форма или поведение объекта-оригинала

7. Система состоит из:

- а) объектов, которые называются свойствами системы

- б) набора отдельных элементов
- в) набора вспомогательных элементов
- г) **объектов, которые называются элементами системы**

8. Может ли один объект иметь множество моделей:

- а) **да**
- б) нет
- в) да, если речь идёт о создании материальной модели объекта
- г) нет верного ответа

9. Образные модели представляют собой:

- а) формулу
- б) таблицу
- в) **зрительные образы объектов, зафиксированные на каком-либо носителе информации**
- г) описательную информацию

10. Какие модели воспроизводят геометрические, физические и другие свойства объектов в материальной форме?

- а) табличные
- б) **предметные**
- в) информационные
- г) математические

11. Модель:

- а) **материальный или абстрактный заменитель объекта, отражающий существенные с точки зрения цели исследования свойства изучаемого объекта, явления или процесса**
- б) материальный или абстрактный заменитель объекта, отражающий его пространственно-временные характеристики
- в) любой объект окружающего мира
- г) чертеж объекта

12. Описание глобальной компьютерной сети Интернет в виде системы взаимосвязанных следует рассматривать как:

- а) математическую модель
- б) **сетевую модель**
- в) графическую модель
- г) физическую модель

13. Последовательность этапов моделирования:

- а) **цель, объект, модель, метод, алгоритм, программа, эксперимент, анализ, уточнение**
- б) объект, цель, модель, эксперимент, программа, анализ, тестирование
- в) цель, модель, объект, алгоритм, программа, эксперимент, уточнение выбора объекта
- г) алгоритм, программа, цель, объект, модель, метод, эксперимент, анализ, уточнение

14. Моделирование:

- а) формальное описание процессов и явлений
- б) процесс выявления существенных признаков рассматриваемого объекта
- в) **метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей**
- г) процесс описания геометрической формы объекта

15. На первом этапе исследования объекта или процесса обычно строится:

а) предметная модель

**б) описательная информационная модель**

в) формализованная модель

г) математическая модель

Открытые задания (повышенный уровень сложности):

1. Аппаратно-программный базис приборостроительных, машиностроительных и микроэлектронных САПР.;
2. Структура и организация баз данных и знаний в информационно-поисковых системах и САПР.;
3. Операции, процедуры и этапы проектирования.;
4. Системные константы и размерности величин;
5. Симметричное, термодинамическое, вероятностное и информационное описание структур;
6. Символические и конструкторско-технологические образы
7. компонентов микросистемной техники;
8. Размерный фактор и эффекты масштабирования при проектировании микроэлектромеханических компонентов;
9. Конструкторско-технологическая документация при проектировании микроэлектромеханических компонентов;
10. Системы бесконтактной оцифровки и области их применения;
11. Принцип действия различных систем бесконтактной оцифровки;
12. Правила осуществления работ по бесконтактной оцифровке для целей производства;
13. Устройство, правила калибровки и проверки на точность систем бесконтактной оцифровки.
14. Требования к компьютерным моделям, предназначенным для производства на установках послойного синтеза;
15. Размерный фактор и эффекты масштабирования при проектировании компонентов микрооптики;
16. Размерный фактор и эффекты масштабирования при проектировании элементной базы интегральных схем;

### **Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала: 1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности): • 1 балл –указан верный ответ; • 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный)

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности). • 2 балла – указан верный ответ, • 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный)

3) открытые задания (повышенный уровень сложности):

20

• 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости)); • 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено неполностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или в случае, если задание состоит из нескольких подзаданий, верно выполнено 50% таких подзаданий; • 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (получен неправильный ответ, ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки).

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
*шифр и наименование направления/специальности*

Дисциплина: Б1.О.18 Кристаллография и кристаллофизика  
*код и наименование дисциплины*

Профиль подготовки: Интегральная электроника и наноэлектроника  
*в соответствии с Учебным планом*

Форма обучения: очная

Учебный год: 2020-2021

Ответственный исполнитель -

<u>Зав.кафедрой ФТТиНС</u> <i>должность, подразделение</i>	_____	<u>(П.В. Середин)</u> <i>расшифровка подписи</i>	24.06.21
---	-------	---	----------

Исполнители:

<u>Доцент каф. ФТТиНС</u> <i>должность, подразделение</i>	_____	<u>(Д.Л. Голощапов)</u> <i>расшифровка подписи</i>	31.08.19
--	-------	---	----------

<u>Преподаватель</u> <u>каф. ФТТиНС</u> <i>должность, подразделение</i>	_____	<u>(Н.С. Буйлов)</u> <i>расшифровка подписи</i>	___ 20 ___
---	-------	--	------------

СОГЛАСОВАНО:

Куратор ООП ВО

направления 11.03.04	_____	<u>(Г.В. Быкадорова)</u>	31.08.19
	<i>подпись</i>	<i>расшифровка подписи</i>	
Зав.отделом обслуживания ЗНБ	_____	<u>(Н.В. Белодедова)</u>	31.08.19
	<i>подпись</i>	<i>расшифровка подписи</i>	

---

---

Рекомендована кафедрой физики твердого тела и наноструктур, физического факультета, протокол № 1 от 31.08.19  
(наименование факультета, структурного подразделения)