

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей физики



Турищев С.Ю.

22.05.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.12 Физика твердого тела в нанотехнологиях

1. Код и наименование направления подготовки: 28.04.02 *Нанотехнологии*
2. Профиль подготовки/специализации: *Физическая нанодиагностика и синхротронные технологии*
3. Квалификация (степень) выпускника: *магистр*
4. Форма образования: *очная*
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *кафедра общей физики*
6. Составители программы: *Турищев Сергей Юрьевич*
д.ф.-м.н., доцент
7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №5 от 22.05.2024*
8. Учебный год: *2025-2026* Семестр: *1*

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

формирование базовых знаний, умений, навыков и компетенций, в области физики конденсированного состояния вещества для объяснения основных понятий строения твердого тела, физики твердого тела в нанотехнологии.

Задачи учебной дисциплины:

- Изучение основных физических явлений и понятий, лежащих в основе принципов изучения физики конденсированного состояния вещества, физики твердого тела;
- Изучение основных физических законов, лежащих в основе принципов изучения физики твердого тела.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: Учебная дисциплина «Физика твердого тела в нанотехнологии» относится к обязательной части блока Б1.

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

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ОПК-1	Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологии и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.1	Умеет ставить цели и формулировать задачи, связанные с организацией профессиональной деятельности и научных исследований; анализировать результаты исследований, включая построение математических моделей объекта исследований	Знать: - явления и процессы в наноструктурах, использующихся при разработке элементов и приборов нанотехнологии; Уметь: - выявлять естественнонаучную сущность проблем в профессиональной сфере; Владеть: - методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; - методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий

12 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/108

Форма промежуточной аттестации - экзамен

13 Трудоёмкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		1 сем.

Аудиторные занятия	44	44
в том числе:		
лекции	30	30
практические	14	14
Самостоятельная работа	28	28
Форма промежуточной аттестации - экзамен	36	36
Итого:	108	108

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Физические основы кристаллографии.	Физические основы кристаллографии.
1.2	Основные понятия физики твердого тела.	Электроны в периодическом потенциале. Теорема Блоха. Одноэлектронное приближение. Граничные условия Борна-Кармана. Ферми газ свободных электронов. Свободные электроны в одномерной периодической решетке.
1.3	Зонная теория.	Приближение "связанных" электронов. Приближение "несвязанных" или свободных электронов. Прямые и не прямые переходы. Поверхность Ферми. Плотность электронных состояний в кристалле. Эффективная масса квазичастиц. Метод сильной связи. Метод ортогонализированных плоских волн. Метод псевдопотенциала, метод присоединенных плоских волн. Уравнение Хартри-Фока. Приближение Борна-Оппенгеймера, Приближение Хартри, Приближение Хартри-Фока, спин-овые орбитали, оператор Хартри-Фока, решение уравнения Хартри-Фока, Орбитали Хартри-Фока, физический смысл оператора Хартри-Фока.
2. Практические занятия		
2.1	Физические основы кристаллографии.	Практическое занятие 1. Прямая и обратная решетки (простая кубическая, ГЦК, ОЦК, ГПУ). Индексы Миллера, расстояния между плоскостями.
2.2	Основные понятия физики твердого тела.	Практическое занятие 2. Свободные электроны в одномерной периодической решетке.
2.3	Зонная теория.	Практическое занятие 3. Поверхность Ферми. Плотность электронных состояний в кристалле.

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Физические основы кристаллографии.	10	4	8	22
2	Основные понятия физики твердого тела.	10	4	10	24

3	Зонная теория.	10	6	10	26
	Экзамен				36
	Итого:	30	14	28	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Физика твердого тела в нанотехнологиях» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из трех частей: обучения студентов преподавателем, практические занятия и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда. 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.

Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента-магистра. 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.

Практические занятия направлены на более глубокое освоение материала, изложенного на лекциях. Занятия проводятся в режиме диалога и обсуждения наиболее сложных вопросов в аудитории.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации. Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы.

Самостоятельная работа студента-магистра при изучении дисциплины «Физика твердого тела в нанотехнологиях» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса (в том числе, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы), подготовку к практическим занятиям, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении «Физика твердого тела в нанотехнологиях» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 10 часов
подготовка к практическим занятиям	- 18 часов
итого	- 28 часов

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Фомин, Д. В. Экспериментальные методы физики твердого тела : учебное пособие : / Д. В. Фомин. – Изд. 2-е, стер. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. – 187 с.
2	Сарина, М. П. Физика твердого тела : учебное пособие : / М. П. Сарина ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 107 с.
3	Гуртов, В. А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Техносфера, 2012. – 560 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Кригер, В. Г. Избранные главы химии твердого тела : учебное пособие : [12+] / В. Г. Кригер, А. В. Каленский, М. В. Ананьева ; Кемеровский государственный университет. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. – 139 с.
6	Элементы физики твёрдого тела : учебное пособие : / сост. В. Я. Чечуев, С. В. Викулов, И. М. Дзю. – Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2012. – 160 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
10	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
11	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Физика твердого тела : учебное пособие : / А. А. Корнилович, В. И. Ознобихин, И. И. Суханов, В. Н. Холявко. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 71 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины:

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии по образовательным формам: лекции; практические 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.). Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (мультимедийный кабинет) (ауд. 135): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки, проектор, мультимедийное демонстрационное оборудование. Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 135): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки с возможностью подключения к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ. WinPro 8 RUS. Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ», Office Standard 2019, Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021, Среда ORIGIN PRO 2022b SR1.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

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	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Физические основы кристаллографии.	ОПК-1	ОПК-1.1	Практическое занятие 1. Опрос
2	Основные понятия физики твердого тела.	ОПК-1	ОПК-1.1	Практическое занятие 2. Опрос
3	Зонная теория.	ОПК-1	ОПК-1.1	Практическое занятие 3. Опрос. Текущая аттестация
Промежуточная аттестация: форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется контролем проведения практических занятий, опроса на занятиях и текущей аттестации (с использованием фонда оценочных средств).

Текущая аттестация проводится в формате тестирования с использованием банка заданий фонда оценочных средств. Задание из фонда оценочных средств выбираются в соответствии с уровнем подготовки студентов. Используется задания закрытого типа (тестовые задания) и задания открытого типа (задачи, мини-кейсы)

Перечень тем практических занятий.

1. Практическое занятие 1. Прямая и обратная решетки (простая кубическая, ГЦК, ОЦК, ГПУ). Индексы Миллера, расстояния между плоскостями.
2. Практическое занятие 2. Свободные электроны в одномерной периодической решетке.
3. Практическое занятие 3. Поверхность Ферми. Плотность электронных состояний в кристалле.

Перечень вопросов к для опроса.

1. Прямая и обратная решетки кристаллов. Зона Бриллюэна.
2. Волновые функции электронов в периодическом кристаллическом поле. Волны Блоха. Энергетические зоны.
3. Модель свободных электронов в металлах. Энергетическая плотность. Поверхность Ферми.
4. Волны Блоха в периодическом поле ионов металлов. Форма поверхности Ферми.
5. Теплопроводность и проводимость металлов.
7. Волновые функции кристаллических диэлектриков.

Банк заданий текущей аттестации (Фонд оценочных средств):

Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1.1. Нанoeлектроника — это область микроэлектроники, в которой имеют дело с длинами/перемещениями величиной менее:

- a) 1 мкм
- b) 0,1 мкм
- c) 10 нм
- d) 1 нм
- e) длины волны де Бройля

1.2. На каком этапе развития находится современная электроника:

- 1) 1-м
- 2) 2-м
- 3) 3-м
- 4) 4-м
- 5) 5-м
- 6) 6-м

1.3. Какие свойства электрона проявляются по мере приближения размеров твердотельных структур к нанометровой области:

- a) корпускулярные
- b) волновые
- c) электрические

1.4. В каком году был изобретен транзистор:

- a) 1945

- b) 1947
- c) 1949
- d) 1951
- e) 1953

1.5. В каком году была изобретена ИС:

- a) 1953
- b) 1955
- c) 1957
- d) 1959
- e) 1961

1.6. Кто из перечисленных ниже ученых является лауреатом Нобелевской премии по физике:

- a) Ландау
- b) Капица
- c) Басов
- d) Прохоров
- e) Алферов

1.7. Что такое планарная технология?

- a) технология создания плоских фигур
- b) технология последовательного создания элементов на плоскости
- c) технология последовательного создания элементов в тонком приповерхностном слое
- d) технология одновременного создания элементов в тонком приповерхностном слое

1.8. На каком из принципов основана работа МЭМС-гироскопов:

- a) ускорения
- b) вибрации
- c) вращения
- d) поворота
- e) Кориолиса

1.9. Какие из перечисленных приборов не относятся к приборам нанотехнологии:

- a) диод
- b) триод
- c) транзистор
- d) теристор
- e) резистор

1.10. Основной характеристикой МДП-структуры является:

- a) p-n-переход
- b) исток
- c) сток
- d) вольт-амперная характеристика

1.11. Время релаксации – это

- a) кинетическая энергия в форме колебательного движения, при превосхождении которой некоторое пороговое значение

b) расстояние между соседними атомами кристаллической структуры, в которой инициируется векторизованное движение микрочастицы по пространственному направлению, соответствующему геометрической координате $\{x\}$ (рассматривается одномерное приближение)

c) период времени, за который амплитудное значение возмущения в выведенной из равновесия физической системе уменьшается в e раз

1.12. У МДП -транзистора 3 контакта, они называются ...

- a) эмиттер, исток, сток
- b) затвор, сток, исток
- c) эмиттер, база, коллектор

1.13. Фотодиоды - это

a) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет возникающему в переходе свету излучаться в окружающее пространство

b) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет внешнему свету проникать в переход

1.14. Светодиоды – это

a) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет возникающему в переходе свету излучаться в окружающее пространство

b) устройства электроники, у которых одна из областей p-n перехода очень тонкая, что позволяет внешнему свету проникать в переход

1.15. Что такое p-n-переход?

a) полупроводниковая структура в которой находится область соприкосновения двух полупроводников с разными типами проводимости — дырочной и электронной

b) область диффузии электронов

c) полупроводник, обладающий одновременно носителями положительных и отрицательных зарядов

2) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

2.1. Перечислите основные структуры наноэлектроники

Ответ: Квантовые нити, квантовые точки, тонкие пленки, гетероструктуры, МДП-структуры, нанопорошки,

2.2. Дайте определение понятию «туннелирование носителей зарядов»

Ответ: туннелирование означает перенос частицы через область, ограниченную потенциальным барьером, высота которого больше полной энергии данной частицы ($E < U_0$) (или проникновение в эту область).

2.4. Дайте определение термину «сверхрешетки»

Ответ: монокристаллическую пленку из одного материала, воспроизводящую постоянную решетки монокристаллической подложки из другого материала.

2.5. В каком случае образуются квантовые ямы

Ответ: для носителей зарядов образуется в структурах, состоящих из полупроводников с различной шириной запрещенной зоны, в которых наноразмерная об-

ласть из материала с меньшей шириной запрещенной зоны (квантовая яма) находится между областями материала с большей шириной запрещенной зоны (потенциальные барьеры или стенки ямы).

2.6. Что такое электронно-лучевая литография?

Ответ: метод изготовления субмикронных и наноразмерных топологических элементов посредством экспонирования электрически чувствительных поверхностей электронным лучом.

2.7. Дайте определение термину «наносистема»

Ответ: материальный объект в виде упорядоченных или самоупорядоченных, связанных между собой элементов с нанометрическими характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, проявляющихся в виде явлений и процессов, связанных с проявлением наномасштабных факторов.

2.8. Дайте определение термину «наноматериалы»

Ответ: вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственно или естественно упорядоченную или неупорядоченную систему базовых элементов с нанометрическими характеристическими размерами и особым проявлением физического и (или) химического взаимодействий при кооперации наноразмерных элементов, обеспечивающих возникновение у материалов и систем совокупности ранее неизвестных механических, химических, электрофизических, оптических, теплофизических и других свойств, определяемых проявлением наномасштабных факторов.

2.9. Дайте определение термину «Интерполяция».

Ответ: способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений.

2.10. Что такое аппроксимация функциональных зависимостей?

Ответ: это получение некоторой конкретной функции, вычисленные значения которой с некоторой точностью (приближением) аналогичны аппроксимируемой зависимости,

2.11. Что такое пьезоэффект?

Ответ: обратимая электромеханическая связь электрической поляризации (индукции) и механических деформаций (напряжений) в анизотропных диэлектрических средах, обладающих определённой кристаллической структурой и симметрией.

2.12. В каком диапазоне длин волн генерируется синхротронное излучение?

Ответ: диапазон длин волн синхротронного излучения занимает от ИК – излучения (нм) до гамма-излучения

2.13. Что такое волна де Бройля?

Ответ: волна вероятности, определяющая плотность вероятности обнаружения объекта в заданном интервале конфигурационного пространства

2.14. Что такое ВАХ транзистора?

Ответ: ВАХ или вольтамперная характеристика - функция, описывающая эту зависимость, и график этой функции.

2.15. Что такое спектроскопия?

Ответ: раздел физики, посвящённый изучению спектров электромагнитного излучения, которые возникают при воздействии электромагнитного излучения различных диапазонов энергий на материал вещество.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1 балл – указан верный ответ;

0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) характер принятого решения);

2 балла – задание выполнено с незначительными ошибками, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование характера принятого решения, или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;

0 баллов – задание не выполнено, или ответ содержательно не соотнесен с заданием, или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

Тестирование предусматривает выполнение 10 заданий закрытого типа (максимальное количество баллов - 10) и 4 задания открытого типа (максимальное количество баллов - 20). Если студент набрал менее 15 баллов, то ставится оценка – «неудовлетворительно», менее 18 баллов - «удовлетворительно», менее 25 – «хорошо». Если в результате тестирования студент набирает более 25 баллов, то ставится отметка «отлично»

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме экзамена по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств – КИМ

Перечень вопросов к промежуточной аттестации

1. Трансляционная симметрия кристаллов.
2. Обратная решетка.
3. Зоны Бриллюэна.
4. Электроны в периодическом потенциале.
5. Теорема Блоха.
6. Одноэлектронное приближение.
7. Граничные условия Борна-Кармана.
8. Ферми газ свободных электронов.
9. Свободные электроны в одномерной периодической решетке.
10. Зонная теория.
11. Приближение "связанных" электронов.
12. Приближение "несвязанных" или свободных электронов.
13. Прямые и не прямые переходы.
14. Поверхность Ферми.
15. Плотность электронных состояний в кристалле.
16. Эффективная масса квазичастиц.
17. Метод сильной связи.

18. Метод ортогонализированных плоских волн.
19. Метод псевдопотенциала, метод присоединенных плоских волн.
20. Уравнение Хартри-Фока.
21. Приближение Борна-Оппенгеймера.
22. Приближение Хартри.
23. Приближение Хартри-Фока, спинорные орбитали, оператор Хартри-Фока.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

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

Оценка уровня освоения дисциплины «Физика твердого тела в нанотехнологиях» осуществляется по следующим показателям:

- качество ответов при опросе на занятиях;
- выполнение работ на практических занятиях;
- выполнение прохождения текущей аттестации
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Физика твердого тела в нанотехнологиях»:

– 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. 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 практических работ, предусмотренных программой дисциплины.

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

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. Критерии оценивания приведены выше.