

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Наумова Наталия Александровна

Должность: Ректор

Дата подписания: 17.03.2026 10:09:02
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Уникальный программный ключ: «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»

6b5279da4e034bff679172803da5b7b558fc69e2

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»

(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН

на заседании кафедры

Протокол от «17» марта 2026 г., №12

Зав. кафедрой  [Холина С.А.]

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

Физика низкоразмерных систем

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Профиль: Фундаментальная физика и нанотехнология

Москва
2026

Содержание

1.Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	3
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	3
3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.....	5
4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	9

1.Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы¹

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ДПК-1 Способен понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования исследований в области физики.	1.Работа на учебных занятиях 2.Самостоятельная работа
ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности	1.Работа на учебных занятиях 2.Самостоятельная работа

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания²

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этапы формирования	Описание показателей	Критерии и оценивания	Шкала оценивания
ДПК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	Знать: основные механизмы и методики поиска и синтеза информации. Уметь: самостоятельно определять основные методики постановки цели и способы ее достижения.	доклад, домашнее задание, конспект, опрос	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания доклада, шкала оценивая опроса, шкала оценивания конспекта
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	Знать: основные механизмы и методики поиска и синтеза информации. Уметь: разрабатывать этапы решения поставленной задачи, выделяя ее основные составляющие;	доклад, домашнее задание, конспект, опрос	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания

¹ Указывается информация в соответствии с утвержденной РПД

² Указывается информация в соответствии с утвержденной РПД

		льная работа	Владеть: навыками поиска информации с применением современных наиболее эффективных технологий.		доклада, шкала оценивая опроса, шкала оценивания конспекта
ДПК-2	Пороговые	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. Уметь: производить целенаправленный поиск образовательных и научных источников по тематике курсовых работ и выпускной квалификационной работы.	доклад, домашнее задание, конспект, опрос	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания доклада, шкала оценивая опроса, шкала оценивания конспекта
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. Уметь: производить целенаправленный поиск образовательных и научных источников по тематике курсовых работ и выпускной квалификационной работы. Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной литературой по фундаментальным разделам общей и теоретической физики; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых физических дисциплин; навыками решения базовых физических задач.	доклад, домашнее задание, конспект, опрос	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания доклада, шкала оценивая опроса, шкала оценивания конспекта

Описание шкал оценивания

Шкала оценивания написания доклада

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отобразил в докладе 71-90% выбранной темы.	8-10

Оптимальный (хорошо)	Если студент отобразил в докладе 51-70% выбранной темы	5-7
Удовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 31-50% выбранной темы	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 0-30% выбранной темы	0-1

Шкала оценивания домашнего задания

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Студент правильно выполнил 76 – 100% всех домашних заданий	8-10
Оптимальный (хорошо)	Студент правильно выполнил 51 – 75% всех домашних заданий	5-7
Удовлетворительный	Студент правильно выполнил 31 – 50% всех домашних заданий	2-4
Неудовлетворительный	Студент правильно выполнил 0 – 30% всех домашних заданий	0-1

Шкала оценивания опроса

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отразил в ответе 71-90% выбранной темы	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отразил в ответе 51-70% выбранной темы	5-7
Удовлетворительный	Если студент отразил в ответе 31-50% выбранной темы	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отразил в ответе 0-30% выбранной темы	0-1

Шкала оценивания конспекта

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отобразил в конспекте 71-90% темы.	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отобразил в конспекте 51-70% темы	5-7
Удовлетворительный	Если студент отобразил в конспекте 31-50% темы	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отобразил в конспекте 0-30% темы	0-1

3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Текущий контроль

ДПК-1 Способен понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования исследований в области физики.

Знать: основные механизмы и методики поиска и синтеза информации.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-1 на пороговом уровне

Перечень примерных тем конспектов по дисциплине

- 1) Тема 1. Введение в физику низкоразмерных систем
- 2) Тема 2. Методы получения низкоразмерных систем
- 3) Тема 3. Квантовое ограничение в двумерных системах
- 4) Тема 4. Электронные свойства двумерных систем
- 5) Тема 5. Квантовые проволоки (1D системы)
- 6) Тема 6. Квантовые точки (0D системы)
- 7) Тема 7. Магнитные и спиновые явления в низкоразмерных системах

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-1 на продвинутом уровне

Перечень примерных тем конспектов по дисциплине

- 1) Тема 8. Оптические свойства низкоразмерных систем
- 2) Тема 9. Графен и другие двумерные материалы
- 3) Тема 10. Транспорт в низкоразмерных системах при низких температурах
- 4) Тема 11. Современные методы исследования низкоразмерных систем
- 5) Тема 12. Применения низкоразмерных систем
- 6) Тема 13. Топологические состояния и низкоразмерные системы
- 7) Тема 14. Перспективные направления физики низкоразмерных систем

Уметь: разрабатывать этапы решения поставленной задачи, выделяя ее основные составляющие

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-1 на пороговом уровне

Перечень заданий опроса по дисциплине

- 1) Определение низкоразмерных систем (2D, 1D, 0D).
- 2) Критерии размерного квантования.
- 3) Масштабы: фермиевская длина волны, длина когерентности.
- 4) Примеры реализаций: гетероструктуры, графен, нанотрубки, квантовые точки.
- 5) Исторический обзор и современное состояние.
- 6) Эпитаксия (МОС-гидридная, молекулярно-лучевая).
- 7) Лито графия (электронная, наноимпринтная).
- 8) Химическое осаждение из паровой фазы (CVD).
- 9) Методы отщепления (графен, слоистые материалы).
- 10) Самоорганизация квантовых точек.
- 11) Квантовая яма: модель частицы в потенциальной яме конечной глубины.
- 12) Энергетические уровни, огибающая волновая функция.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-1 на продвинутом уровне

Перечень заданий опроса по дисциплине

- 1) Плотность состояний в 2D.
- 2) Эффективная масса, g -фактор.
- 3) Влияние электрического и магнитного полей.
- 4) Двумерный электронный газ (2DEG) в гетероструктурах.
- 5) Подвижность, время релаксации.
- 6) Эффект Шубникова – де Гааза.
- 7) Квантовый эффект Холла (целочисленный, дробный).
- 8) Спин-орбитальное взаимодействие.
- 9) Одномерное квантование, моды проводимости.
- 10) Квантование проводимости в баллистическом режиме (квант сопротивления).
- 11) Локализация в 1D.
- 12) Углеродные нанотрубки: электронная структура, металлические и полупроводниковые трубки.

Владеть: навыками поиска информации с применением современных наиболее эффективных технологий.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-1 на продвинутом уровне

Перечень примерных домашних заданий по дисциплине

1. Рассчитайте энергию основного и первого возбуждённого состояний электрона в квантовой яме шириной $a = 5$ нм с бесконечно высокими стенками. Определите длину волны излучения, соответствующую переходу между этими уровнями. Как изменится энергия перехода, если эффективная масса электрона в материале ямы составляет $0,067m$ (GaAs)?
2. Постройте графики плотности состояний для 3D, 2D, 1D и 0D систем (качественно). Объясните, почему в 2D-системе плотность состояний является ступенчатой функцией, а в 1D – имеет особенности типа $1/E^{0.5}$. Рассчитайте первую ступень плотности состояний для двумерного электронного газа в AlGaAs/GaAs гетероструктуре, где эффективная масса $m^* = 0,067m_0$.
3. Для одномерной квантовой проволоки длиной $L = 1$ мкм, соединённой с двумя резервуарами, рассчитайте величину кванта проводимости. При каком числе заполненных мод проводимость достигнет $3 \times (2e^2/h)$? Оцените минимальную ширину проволоки, при которой будет наблюдаться квантование проводимости (фермиевская длина волны $\lambda_F = 50$ нм).

ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности.

Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-2 на пороговом уровне

Перечень примерных тем докладов по дисциплине

1. Размерное квантование.
2. Эффект Холла в двумерных системах.
3. Топологические изоляторы.
4. Майорановские фермионы в нанопроволоках.
5. Спинтроника на основе низкоразмерных систем.
6. Графен и другие 2D-материалы.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-2 на продвинутом уровне

Перечень примерных тем докладов по дисциплине

1. Электронные свойства углеродных нанотрубок.

2. Оптические и электронные свойства квантовых точек.
3. 2D гетероструктуры AlGaAs/GaAs.
4. Дихалькогениды переходных металлов (TMDC).
5. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия для изучения низкоразмерных систем.
6. Магнитотранспортные методы определения параметров двумерного электронного газа.
7. Квантовые вычисления на основе квантовых точек и топологических состояний.
8. Фотолюминесцентная спектроскопия низкоразмерных полупроводников.
9. Применение низкоразмерных систем в сенсорике и фотовольтаике.

Уметь: производить целенаправленный поиск образовательных и научных источников по тематике курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-2 на пороговом уровне

Перечень заданий опроса по дисциплине

- 1) Энергетический спектр квантовых точек: модель гармонического осциллятора, кулоновская блокада.
- 2) Эффект кулоновской лестницы.
- 3) Квантовые точки в оптике: кросс-люминесценция и внутризонная люминесценция.
- 4) Спинтроника: спиновый транспорт, спиновая поляризация.
- 5) Квантовые точки с магнитными примесями.
- 6) Спиновый эффект Холла.
- 7) Магнитные наноструктуры (мультислои, магнитные туннельные переходы).
- 8) Межподзонные и экситонные переходы.
- 9) Экситоны в квантовых ямах.
- 10) Фотолюминесценция квантовых точек.
- 11) Плазмонные эффекты в наноструктурах.
- 12) Электронная структура графена, уравнение Дирака.
- 13) Топологические изоляторы.
- 14) Слоистые материалы (дихалькогениды переходных металлов, фосфорен, гексагональный нитрид бора).
- 15) Гетероструктуры на их основе.
- 16) Баллистический транспорт, локализация.
- 17) Эффект слабой локализации.
- 18) Универсальные флуктуации проводимости.
- 19) Кулоновская блокада в одном электронном транзисторе.
- 20) Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия (СТМ/СТС).

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-2 на продвинутом уровне

Перечень заданий опроса по дисциплине

- 1) Атомно-силовая микроскопия (АСМ).
- 2) Методы магнитотранспорта.
- 3) Оптическая спектроскопия высокого разрешения.
- 4) Нанoeлектроника: полевые транзисторы на 2D-материалах, квантовые точечные контакты.
- 5) Спинтронные устройства.
- 6) Квантовые вычисления (кубиты на квантовых точках, топологические кубиты).
- 7) Фотонные и оптоэлектронные приборы.
- 8) Квантовый эффект Холла и его топологическая интерпретация.
- 9) Топологические изоляторы (2D и 3D).
- 10) Краевые состояния, защищённые симметрией.
- 11) Майорановские фермионы.
- 12) Квантовые материалы с корреляционными эффектами (например, никелаты, рутенаты).
- 13) Гибридные структуры.
- 14) Управление топологическими фазами.
- 15) Проблемы и вызовы для фундаментальной и прикладной науки.

Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной литературой по фундаментальным разделам общей и теоретической физики; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых физических дисциплин; навыками решения базовых физических задач.

Задания, необходимые для оценивания сформированности ДПК-2 на продвинутом уровне

Перечень примерных домашних заданий по дисциплине

1. Квантовая точка ёмкостью $C = 10^{-17}$ Ф подключена к источнику напряжения через туннельные барьеры. Оцените величину кулоновской энергии зарядки $E_c = e^2/2C$. При каком напряжении на затворе произойдёт изменение числа электронов в точке на единицу? Температура эксперимента $T = 1$ К. Будет ли наблюдаться эффект кулоновской блокады при этой температуре?
2. Выведите дисперсионное соотношение для носителей заряда вблизи К-точки зоны Бриллюэна графена: $E(k) = \pm \hbar v_F |\mathbf{k}|$. Оцените скорость Ферми v_F и энергию Ферми при концентрации носителей $n = 10^{12} \text{ см}^{-2}$. Постройте график плотности состояний

для графена.

Промежуточная аттестация

ДПК-1 Способен понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования исследований в области физики.

Знать: основные механизмы и методики поиска и синтеза информации.

Уметь: разрабатывать этапы решения поставленной задачи, выделяя ее основные составляющие;

Владеть: навыками поиска информации с применением современных наиболее эффективных технологий.

Перечень примерных вопросов к зачёту

1. Определение низкоразмерных систем. Критерии размерного квантования.
2. Понятие эффективной массы. Её роль в квантово-размерных структурах.
3. Плотность состояний в 3D, 2D, 1D и 0D системах.
4. Квантовая яма с бесконечными стенками: уровни энергии, волновые функции.
5. Двумерный электронный газ в гетероструктурах. Факторы, ограничивающие подвижность.
6. Эффект Шубникова – де Гааза.
7. Квантовый эффект Холла. Роль беспорядка.
8. Квантование проводимости в квантовых проволоках. Квант сопротивления.
9. Локализация в одномерных системах (теория Андерсона).
10. Электронная структура углеродных нанотрубок (металлические/полупроводниковые).
11. Кулоновская блокада, кулоновская лестница.
12. Энергетический спектр квантовых точек.
13. Экситоны в квантовых ямах.
14. Фотолюминесценция квантовых точек.

ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности.

Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости.

Уметь: производить целенаправленный поиск образовательных и научных источников по тематике курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной литературой по фундаментальным разделам общей и теоретической физики; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых физических дисциплин; навыками решения базовых физических задач.

Перечень примерных вопросов к зачёту

1. Спин-орбитальное взаимодействие в низкоразмерных системах (Рашба, Дрессельхауз).
2. Спиновый эффект Холла. Применения в спинтронике.
3. Графен. Электронная структура, уравнение Дирака, особенности транспорта.
4. Дихалькогениды переходных металлов (MoS_2 , WS_2).
5. Топологические изоляторы.
6. Квантовый эффект Холла как топологическое явление.
7. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия: принцип, разрешение.
8. Методы магнитотранспорта для определения концентрации, подвижности, эффективной массы.
9. Оптическая спектроскопия низкоразмерных структур.
10. Применение низкоразмерных систем в нанoeлектронике (полевые транзисторы, квантовые точки).
11. Квантовые вычисления.

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

Требования к зачёту

Для допуска к зачёту нужно выполнить все домашние задания, пройти все опросы, тестирование, и защитить одну курсовую работу по выбору студента. На зачёте студент должен ответить на два теоретических вопроса.

Итоговая оценка «зачёт» или «незачёт» складывается из оценок за опросы, за домашние задания, за тестирования, а также за зачёт с оценкой не менее «удовлетворительно». максимальный итоговый балл – 100 баллов.

Шкала оценивания зачёта.

Критерии оценивания	Баллы
Свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче зачета. Полностью выполнены и защищены лабораторные работы.	15-20

Критерии оценивания	Баллы
Знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета. Полностью выполнены и защищены лабораторные работы.	10-14
Удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов. Выполнено и защищено не менее 75 % лабораторных работ.	5-9
Ответ, не соответствующий вышеуказанным критериям выставления оценок.	0-4

Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа обучающегося в течение освоения дисциплины, а также оценка по промежуточной аттестации.

Количество баллов	Оценка по традиционной шкале
81-100	Зачтено
61-80	Зачтено
41-60	Зачтено
0-40	Не зачтено