

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и нанoeлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Могильная Е.П.

« 04 »

2025 года



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине (практике)

Квантовая механика и статистическая физика

(наименование учебной дисциплины, практики)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Электронные приборы и устройства

(наименование профиля подготовки (специальности, магистерской программы); при отсутствии ставится прочерк)

Разработчик (разработчики):

ст. преподаватель

Никитин Е.В.

(должность)

(подпись)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники
от « 03 » 03 2025 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой

Войтенко В.А.

(подпись)

(ФИО)

Луганск 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Квантовая механика и статистическая физика»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

1. Выберите один правильный ответ

Условие нормировки для квадрата модуля волновой функции. Интеграл от него по всей области определения равен:

- А) единице
- Б) нулю
- В) минус единице
- Г) бесконечности

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

2. Выберите один правильный ответ

Оператор импульса частицы определяется как произведение постоянной Планка с чертой на:

- А) производную волновой функции по импульсу со знаком минус
- Б) производную волновой функции по координате со знаком минус
- В) волновую функцию частицы
- Г) координату

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

3. Выберите один правильный ответ

Уравнение Шредингера для свободной частицы имеет потенциальную энергию $U(x)$ равную:

- А) нулю
- Б) единице
- В) бесконечности
- Г) минус единице

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.2)

4. Выберите один правильный ответ

Значение спина для фермиона вы будете считать, как постоянная Планка с чертой, умноженная на:

- А) целое число
- Б) ноль
- В) полуцелое число
- Г) минус единица

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.3)

Задания закрытого типа на установление соответствия

1. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Представление уравнения движения		Характеристика
1) Представление Шредингера	А)	операторы зависят от времени, а волновая функция не зависит
2) Представление Гейзенберга	Б)	операторы не зависят от времени, а волновая функция зависит
3) Представление Шредингера	В)	операторы зависят от времени, волновая функция также зависит
Правильный ответ:		
1	2	3
Б	А	В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

2. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Микрочастица	Спин микрочастицы	
1) бозон	А)	полуцелый спин
2) фермион	Б)	целый спин
3) скалярная частица	В)	нулевой спин
Правильный ответ:		
1	2	3
Б	А	В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.2)

3. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

Математический объект квантовой механики	Эквивалентный математический объект	
1) квадрат матрицы Паули	А)	число, умноженное на матрицу Паули
2) коммутатор двух разных матриц Паули	Б)	ноль
3) анти-коммутатор двух матриц Паули	В)	единичная матрица
Правильный ответ:		
1	2	3
В	А	Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.3)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

1. Расположите частицы в направлении возрастания их спина:

А) фермион

Б) бозон

В) скалярная частица

Правильный ответ: В, А, Б.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

2. Для частицы, находящейся в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками, расположите вероятности событий в направлении возрастания:

А) частица находится в потенциальной яме

Б) частица находится за пределами потенциальной ямы

В) частица находится в левой половине потенциальной ямы

Правильный ответ: Б, В, А.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.2)

3. Расположите элементы в порядке возрастания простоты расчета ковалентной связи на компьютере:

А) He, U, Rn, Li

Б) U, Fe, Zn, K

В) H, Cl, In, Ge

Правильный ответ: В, Б, А.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.3)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

1. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Коммутатор проекции оператора углового момента на ось z и оператора квадрата углового момента равен _____

Правильный ответ: нулю.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

2. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Для первого приближения квантовомеханической задачи вы воспользуетесь _____

Правильный ответ: квазиклассическим приближением.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.2)

3. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Для вычисления волновой функции фермиона на компьютере вы воспользуетесь _____

Правильный ответ: определителем Слэттера.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.3)

4. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Для вычисления суммы двух угловых моментов для некоммутирующих систем на компьютере вы воспользуетесь _____

Правильный ответ: коэффициентами Клебша-Гордана.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.3)

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Энергия гармонического осциллятора зависит от номера состояния n как _____

Правильный ответ: произведение константы на $(n+1/2)$

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

2. Метод Томаса-Ферми позволяет _____

Правильный ответ: рассчитать волновую функцию многоэлектронных атомов

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК 1.1)

3. Квантовыми числами для атома водорода являются _____

Правильный ответ: главное, орбитальное, магнитное и спиновое квантовые числа.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.2)

4. Эффект Зеемана состоит в _____

Правильный ответ: расщеплении уровней энергии в магнитном поле.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.3)

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Дайте развернутый ответ на вопрос.

Чему равно наиболее вероятное расстояние электрона от ядра в атоме водорода при $n = 1, 2, 3$?

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Расстояние между ядром и электроном в атоме водорода определяется на основе квантово-механических расчетов.

Согласно им, наиболее вероятное расстояние электрона от ядра в атоме водорода равно боровскому радиусу:

$\sim 0,53 \text{ \AA}$ при $n = 1$;

$2,12 \text{ \AA}$ — при $n = 2$;

$4,77 \text{ \AA}$ — при $n = 3$ и так далее.

Значения этих радиусов относятся как квадраты натуральных чисел (главного квантового числа) $1^2 : 2^2 : 3^2 \dots$

Также, по расчетам, среднее расстояние электрона от ядра в основном состоянии атома водорода равно полутора радиусам первой боровской орбиты.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1)

2. Дайте развернутый ответ на вопрос.

Опишите энергетические состояния, в которых находятся электроны в кубическом потенциальном ящике?

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

В кубическом потенциальном ящике почти все энергетические состояния в той или иной степени вырождены. Степень вырождения — это число вариантов наборов квантовых чисел (число волновых функций), при помощи которых можно описать данное энергетическое состояние. Снятие вырождения является важной проблемой квантово-механического описания системы. В случае трехмерного потенциального ящика вырождение снимается частично или полностью при изменении параметров ящика. В реальных системах проблема снятия вырождения является более сложной проблемой.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.2)

3. Дайте развернутый ответ на вопрос.

Опишите, от чего зависит коэффициент отражения частицы от потенциального барьера?

Время выполнения – 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению:

Коэффициент отражения определяется как отношение плотности потока отраженной волны к плотности потока падающей волны. Он характеризует вероятность отражения от барьера частицы с заданными начальными условиями и характеризует вероятность проникновения частицы сквозь барьер. Первоначальная волна, проходя через барьер, испытывает при $E < U$ экспоненциальное затухание. Тем не менее, частично она проходит через барьер и за барьером имеет вид волны де Бройля с тем же импульсом (и длиной волны), но с меньшей амплитудой. Иными словами, имеет место туннельный эффект (туннелирование) — преодоление микрочастицей потенциального барьера в случае, когда ее полная энергия меньше высоты барьера. При равенстве

скоростей микрочастиц плотность потока микрочастиц пропорциональна квадрату амплитуды волны.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.3)

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее – ФОС) по дисциплине «Квантовая механика и статистическая физика» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки / специальности 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению / специальности.

Председатель учебно-методической комиссии
института

 Ясуник С.Н.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)