

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКО-ТАДЖИКСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ»

Естественнонаучный факультет

Кафедра математики и физики

«УТВЕРЖДАЮ»

«23» августа 2025 г.

Зав. кафедрой  Гулбоев Б.Дж.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ

Направление подготовки – 03.03.02 – Физика

Форма подготовки – очная

Уровень подготовки – бакалавриат

Профиль подготовки «Общая физика»

Душанбе 2025 г.

**ПАСПОРТ
ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине «Квантовая теория»

№ п/п	Контролируемые разделы, темы	Формируемые компетенции	Оценочные средства		
			Кол-во тестовых заданий	Другие оценочные средства	
				Вид	Кол-во
1	Возникновение квантовой теории. Корпускулярная и волновая природа микроскопических объектов.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6	Контроль самостоятельной работы Отчеты по практическим работам. Устный опрос.	1 1 2
2	Функция состояний (волновая функция) микросистем и её физический смысл.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		1 1 2
3	Фазовое пространство квантовой системы. Соотношение неопределенности координат-импульс.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		1 1 2
4	Математический аппарат квантовой механики. Операторы физических величин. Основные свойства собственных функций. Условие одновременной измеримости динамических величин	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		1 1 2
5	Оператор Гамильтона. Уравнение Шредингера Уравнение Шредингера для стационарных состояний	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		1 1 2
6	Квантование момента количества движения. Алгебра моментов количества движения.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		2 1 2
7	Применение стационарного уравнения Шредингера для конкретных задач: потенциальная яма; квантовый гармонический осциллятор	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		1 2 1
8	Квантование момента количества движения	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
9	Движение в центрально-симметрическом поле. Квантовая теория атома	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
10	Атом в электрическом и магнитном поле	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
11	Квантовая теория атома гелия. Пара и ортогелий	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
12	Квантовое описание двух атомной молекулы. Гамильтониан молекулы водорода. Интеграл перекрытия. Обменное взаимодействие. Ковалентный связь.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
13	Собственное движение электронов. Спин электрона. – 2	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		

	Экспериментальное доказательство существования спина электрона. Оператор спина. Спиновые функции. Уравнение Паули.				
14	Принципы заполнения электронных оболочек: принцип наименьшей энергии; принцип Паули, правило Гунта, правило Крюковского.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
15	Электронные термы атомов таблицы Менделеева	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
16	Теория возмущений для невырожденных систем. Теория стационарных возмущений для дискретного спектра. Возмущения при наличии вырождения.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
17	Теория возмущений для вырожденных систем-2 ч. Теория стационарных возмущений для дискретного спектра.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
18	Простейшие применения теории возмущения. Ангармонический осциллятор. Эффект Штарка	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
19	Вторичное квантование в бозонных системах. Вторичное квантование электромагнитного поля без зарядов.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
20	Вторичное квантование в фермионных системах. Образование куперовских пар электронов	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
21	Квантовая теория рассеяния. Упругое рассеяние. Сечение рассеяния. Теория упругого рассеяния в борновском приближении	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
22	Точная теория рассеяния. Расчет амплитуды и сечения при рассеянии на кулоновском и юкавском потенциалах.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
23	Квантовая теория переходов под влиянием внешних полей. Квантовая теория фотоэффекта. Вероятность кантовых переходов.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
24	Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Холодная эмиссия металлов. Теория радиоактивного распада	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
25	Элементарная теория молекул и химических связей-2ч. Элементарная теория химических сил на примере молекулы водорода.	ОПК-1, ПК-1, ПК-4,	6		
25Всего:			150	3	35

ТЕМЫ ЗАДАНИЙ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Формируемые компетенции

ОПК-1 – Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

ПК-1 – Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

ПК-4 – Способностью проводить научные исследования в избранной области теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Практические задания направлены на освоение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений, они составляют важную часть профессиональной практической подготовки по освоению дисциплины.

1. Гипотеза Планка. Гипотеза Де-Бройля. Двойкая природа микроскопических частиц.
2. Гипотезы Бора. Боровская теория водородоподобных атомов.
3. Оценка энергии основного состояния из соотношения неопределенностей для линейного гармонического осциллятора и атома водорода – 2ч.
4. Энергетический спектр и волновые функции частицы в конечной «потенциальной яме»
5. Орбитальный момент. Орбитальное квантовое число
6. Прохождение частицы через потенциальный барьер
7. Энергетический спектр частицы, находящейся в постоянном электрическом поле
8. Волновые функции частицы, находящейся в поле линейного гармонического осциллятора, соответствующие возбуждениям $n=1,2$
9. Заряд в магнитном поле. Эффекты Зеемана
10. Теория возмущения I порядка
11. Энергетический спектр гармонического осциллятора
12. Тонкое расщепление. Гипотеза Уленбека о спине электрона
13. Эффект Штарка
14. Излучение абсолютно черного тела теория Планка.
15. Теория Эйнштейна по излучению и поглощению фононов атомами
16. Правила составления электронных структур атомов
17. Теория электропроводности металлов, полупроводников и диэлектриков

Критерии оценки по контролю практических занятий:

Отметка «5». Выступление выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Работа соответствует требованию.

Отметка «4». Выступление отвечает предъявленным требованиям. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата.

Отметка «3». Учащиеся показывают знания не в полной мере и испытывают затруднение при решении задач.

Отметка «2» выставляется в том случае, когда учащиеся не подготовлены к выполнению этой работы.

ТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Формируемые компетенции

Формируемые компетенции

ОПК-1 – Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

ПК-1 – Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

ПК-4 – Способностью проводить научные исследования в избранной области теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Контроль самостоятельной работы студентов – процесс проверки и сопоставления фактических результатов обучения с запланированными и установление их

соответствия нормам, стандартам. Контроль включает выявление результатов, их измерение и оценивание, что предполагает создание системы, включающей цели, задачи, предметы контроля и его содержание, формы, виды, методы и т.д.

Самостоятельная работа является важной частью освоения предмета и рассматривается как одна из форм обучения, которая предусмотрена Федеральным Государственным образовательным стандартом. Целью самостоятельной работы студентов является обучение навыками работы с учебной и научной литературой и практическими материалами, необходимыми для изучения курса «Физика» и развития у них способностей к самостоятельному анализу полученной информации.

Работа контролируется дискуссией, написанием рефератов, опросом.

1. Гипотеза Де-Бройля, гипотеза Планка.
2. Постулаты Бора. Теория атома водорода по Бору.
3. Оценка энергии основного состояния из соотношения неопределенностей для линейного гармонического осциллятора и атома водорода
4. Энергетический спектр и волновые функции частицы в конечной «потенциальной яме»
5. Орбитальный момент. Орбитальное квантовое число
6. Прохождение частицы через потенциальный барьер
7. Электрон в центральном поле. Волновые функции спектр энергии простых атомов
8. Электронные термы. Электронные орбиты
9. Энергетический спектр частицы, находящейся в постоянном электрическом поле
10. Волновые функции частицы, находящейся в поле линейного гармонического осциллятора, соответствующие возбуждениям $n=1,2$
11. Заряд в магнитном поле. Эффекты Зеемана
12. Теория возмущения I порядка
13. Энергетический спектр гармонического осциллятора
14. Тонкое расщепление. Гипотеза Уленбека о спине электрона
15. Эффект Штарка
16. Излучение абсолютно черного тела теория Планка
17. Теория Эйнштейна по излучению и поглощению фононов атомами
18. Правила составления электронных структур атомов .
19. Теория электропроводности металлов, полупроводников и диэлектриков
20. Обменное взаимодействие. Ковалентный связь.

Требование к контролю СРС:

точность ответа на поставленный вопрос; формулировка целей и задач работы; раскрытие (определение) рассматриваемого понятия (определения, проблемы, термина); четкость структуры работы; самостоятельность, логичность изложения; наличие выводов, сделанных самостоятельно

Самостоятельная работа контролируется дискуссией, написанием рефератов, опросом.

Реферат – краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания научного труда или трудов, обзор литературы по теме. Это самостоятельная научно-исследовательская работа студента, в которой раскрывается суть исследуемой проблемы. Изложение материала носит проблемно-тематический характер, показываются различные точки зрения, а также собственные взгляды автора на проблему.

Выступление – речь, лекция, доклад, заявление и т.п., которые сообщаются кем-либо в устной форме. Выступление студентов проводится с целью: систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов; углубления и расширения теоретических знаний; формирования умений использовать справочную и специальную литературу; развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации; развития исследовательских умений.

Опрос студентов проводится с целью: систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов; углубления и расширения теоретических знаний; формирования умений использовать справочную и специальную ли-

тратуру; развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации; развития исследовательских умений.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

В основу разработки балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется постоянно в процессе его обучения в университете. Настоящая система оценки успеваемости студентов основана на использовании совокупности контрольных точек, равномерно расположенных на всем временном интервале изучения дисциплины. При этом предполагается разделение всего курса на ряд более или менее самостоятельных, логически завершенных блоков и модулей и проведение по ним промежуточного контроля.

Студентам выставляются следующие баллы за выполнение задания к ПК:

- оценка «отлично» (10 баллов): контрольные тесты, а также самостоятельно выполненные семестровые задания, выполненные полностью и сданные в срок в соответствии с предъявляемыми требованиями;

- оценка «хорошо» (8-9 баллов): задание выполнено и в целом отвечает предъявляемым требованиям, но имеются отдельные замечания в его оформлении или сроке сдачи;

- оценка «удовлетворительно» (6-7 баллов): задание выполнено не до конца, отсутствуют ответы на отдельные вопросы, имеются отклонения в объеме, содержании, сроке выполнения;

- оценка «неудовлетворительно» (5 и ниже): отсутствует решение задачи, задание переписано (скачано) из других источников, не проявлена самостоятельность при его выполнении.

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса по результатам выполнения самостоятельной работы и контрольной работы.

Основными формами текущего контроля знаний являются:

- обсуждение вынесенных в планы практических занятий лекционного материала и контрольных вопросов;

- решение тестов и их обсуждение с точки зрения умения сформулировать выводы, вносить рекомендации и принимать адекватные управленческие решения;

- выполнение контрольной работы и обсуждение результатов;

- участие в дискуссиях в качестве участника и модератора групповой дискуссии по темам дисциплины;

- написание и презентация доклада;

- написание самостоятельной (контрольной) работы.

Для контроля усвоения данной дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен. Общее количество баллов по дисциплине - 100 баллов. Распределение баллов на текущий и промежуточный контроль при освоении дисциплины, а также итоговой оценке представлено ниже.

Экзаменационные (зачетные) тестовые задания по дисциплине: «Квантовой теории»

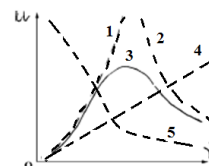
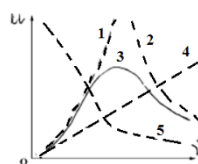
@1. Какой из кривых полнее описывает излучение черного тела?

\$A) 2; \$B) 3; \$C) 1; \$D) 4; \$E) 5;

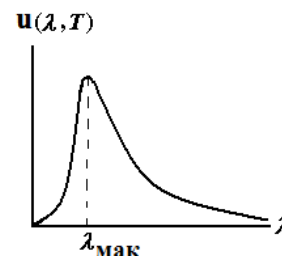
@2. Какой из кривых соответствует теории Планка?

\$A) 3; \$B) 2; \$C) 1; \$D) 5; \$E) 4;

@3. Что означает $\lambda_{\text{макс}}$ в графике зависимости спектральной плотности излучения черного тела?



\$A\$) Для каждого тела максимальная интенсивность излучения происходит на определенной длине волны $\lambda_{\text{макс}}$;
 \$B\$) Спектральной плотности излучения не зависит от длины волны.;
 \$C\$) Излучения всегда происходит именно на этой длине волны;
 \$D\$) Для каждого тела минимальная интенсивность излучения происходит на определенной длине волны $\lambda_{\text{макс}}$; \$E\$) Ничего не означает;
 @4 Электронной структуре $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ соответствует химический элемент



\$A\$) кислород; \$B\$) кальций; \$C\$) фосфор; \$D\$) скандий; \$E\$) натрий;

@5. Электронная структура скандия

\$A\$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$; \$B\$) $1s^2 2s^2 2p^4$; \$C\$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$; \$D\$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$; \$E\$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$;

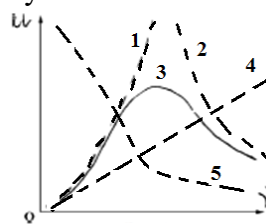
@6. Какому кривому соответствует это формула?

$$f(\lambda, T) = \frac{2\pi^5 k^5}{15 h^5 c^2} \cdot \frac{1}{\lambda^5} \cdot \frac{hc}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

\$A\$) 3; \$B\$) 2; \$C\$) 1; \$D\$) 5; \$E\$) 4;

@7. Какому закону соответствует это

$$f(\lambda, T) = \frac{2\pi^5 k^5}{15 h^5 c^2} \cdot \frac{1}{\lambda^5} \cdot \frac{hc}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$



формула?

\$A\$) Формула Планка для излучения черного тела ; \$B\$) Формула Реле-Джинса для излучения черного тела ; \$C\$) Формула Вина для излучения черного тела ;
 \$D\$) Формула Стефана - Больцмана; \$E\$) Формула Джоуля – Ленца для тепловой энергии;

@8. Что понимается под понятием «Волновой пакет»?

\$A\$) Это суперпозиция волн Де-Бройля в узком интервале частот и волнового вектора ; \$B\$) Это суперпозиция волн Де-Бройля произвольном интервале частот; \$C\$) Это суперпозиция волн Де-Бройля произвольном интервале волновых чисел; \$D\$) Это волна Де-Бройля; \$E\$) Суперпозиция плоских волн при больших частота и длин волн;

@9. Работа выхода электрона из платины равна $9,1 \cdot 10^{-19}$ Дж. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вырывааемых из платины светом с длиной волны 0,5 мкм, равна ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с):

\$A\$) $4,2 \cdot 10^{-19}$ Дж; \$B\$) $1,1 \cdot 10^{-19}$ Дж; \$C\$) $7,4 \cdot 10^{-19}$ Дж; \$D\$) $2,1 \cdot 10^{-19}$ Дж;

\$E\$) Такой свет не вырывает электроны из платины.

@10. Определите наибольшую длину волны света, при которой может происходить фотоэффект для платины (работа выхода для платины $8,5 \cdot 10^{-19}$ Дж; $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с).

\$A\$) $\approx 3,8 \cdot 10^{-22}$ м; \$B\$) $\approx 2,34 \cdot 10^7$ м; \$C\$) $\approx 2,34 \cdot 10^{-7}$ м; \$D\$) $\approx 2,34 \cdot 10^{-23}$ м; \$E\$) $\approx 3,8 \cdot 10^{-7}$ м.

@11. Тренированный глаз, длительно находящийся в темноте, воспринимает свет с длиной волны 500 нм при мощности не менее $2,1 \cdot 10^{-17}$ Вт. Определите число фотонов, которые попадают ежесекундно на сетчатку глаза. ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

\$A\$) ≈ 200 ; \$B\$) ≈ 560 ; \$C\$) ≈ 53 \$D\$) ≈ 98 ; \$E\$) ≈ 85 .

@12. В результате квантового перехода, связанного с испусканием фотона энергия электрона в атоме водорода...

\$A\$) предсказать невозможно \$B\$) увеличивается \$C\$) не изменяется

\$D\$) уменьшается \$E\$) такой процесс невозможен

@13. Электронной структуре $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ соответствует химический элемент

\$A\$) фосфор; \$B\$) кальций; \$C\$) натрий; \$D\$) скандий; \$E\$) кислород;

@14. Формула Эйнштейна для фотоэффекта имеет вид

$$A) \quad hc = \lambda \left(A + \frac{mv^2}{2} \right) \quad B) \quad h\lambda = c \left(A + \frac{mv^2}{2} \right) \quad C) \quad h\lambda = Am/v$$

$$D) \quad \frac{h\lambda}{c} = \left(A + \frac{mv^2}{2} \right) \quad E) \quad \frac{h\lambda}{c} = \frac{mv^2}{2A}$$

@15. Какой смысл имеет функция состояний микросистемы (микрочастицы)?

\$A) Определяет местонахождение микрочастицы. \$B) Определяет частицу как волну.

\$C) Квадрат модуля функции состояний имеет смысл плотности

вероятности состояний системы. \$D) Квадрат модуля функции состояний имеет смысл

вероятности обнаружения микросистемы. \$E) Определяет частицу и как волну и как корпускула.

@16. Какой смысл имеет выражение $|\Psi(x, y, z, t)|^2$?

\$A) Определяет местонахождение микрочастицы \$B) Плотность вероятности

обнаружения микросистемы в точке x, y, z в момент времени t . \$C) Квадрат модуля

функции состояний имеет смысл плотности вероятности. \$D) Квадрат модуля функции

состояний имеет смысл вероятности обнаружения микросистемы. \$E) Определяет частицу и как волну и как корпускула.

@17. Какой смысл имеет соотношения неопределенности Гейзенберга?

\$A) Импульс и сопряжённая координата могут быть одновременно измерены не всегда;

\$B) Импульс и сопряжённая координата могут быть одновременно измерены всегда

\$C) Импульс и сопряжённая координата могут быть одновременно измерены точно;

\$D) Это соотношение, показывающая точности измерений

\$E) Импульс и сопряжённая ему координата не могут быть одновременно измерены точно;

@18. Покажите оператор вектора импульса.

\$A) $-i\hbar \vec{\nabla}$ \$B) $-\frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2})$ \$C) $-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$ \$D) $-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta$ \$E) $(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U)$

@19. Покажите оператора компонента вектора импульса?

\$A) $-i\hbar \vec{\nabla}$ \$B) $-\frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2})$ \$C) $-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$ \$D) $\hbar \vec{\nabla}$ \$E) $(-\frac{\hbar^2}{2m} \vec{\nabla} + U)$

@20. Покажите оператора кинетической энергии.

\$A) $-i\hbar \vec{\nabla}$ \$B) $-\frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2})$ \$C) $-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$ \$D) $-i\hbar \vec{\nabla}$ \$E) $(-\frac{\hbar^2}{2m} \vec{\nabla} + U)$

@21. Покажите оператора полной энергии системы.

\$A) $-i\hbar \vec{\nabla}$ \$B) $-\frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2})$; \$C) $-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$; \$D) $-i\hbar \vec{\nabla}$; \$E) $(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U)$;

@22. Что называет гамильтонианом системы?

\$A) оператор момента импульса; \$B) любой оператор с действительной собственной

функции; \$C) оператор кинетической энергии и плюс потенциальная энергия;

\$D) оператор потенциальная энергия; \$E) оператор кинетической энергии;

@23. Общим уравнением Шредингера является:

\$A) $\hat{H} \Psi = E \Psi$ \$B) $-i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H \Psi$ \$C) $\hat{H} \Psi = (E - U) \Psi$ \$D) $-i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \Psi$

\$E) $-i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = (\hat{H} - \Delta) \Psi$

@24. Покажите стационарное уравнение Шредингера.

\$A) $\hat{H} \Psi = E \Psi$ \$B) $-i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H \Psi$ \$C) $\hat{H} \Psi = (E - U) \Psi$ \$D) $-i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \Psi$

\$E) $-i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = (\hat{H} - \Delta) \Psi$

Разработчик: К.Ф.-М.Н., доцент., _____

« » _____ 2025