

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

## Программа дисциплины

### Квантовая теория

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика живых систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

## **Содержание**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Байбеков Э.И. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), 1Edward.Baibekov@kpfu.ru ; профессор-консультант Малкин Б.З. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Boris.Malkin@kpfu.ru

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основы квантово-механического описания состояний физических систем и математического аппарата квантовой теории

Должен уметь:

формулировать и доказывать основные результаты квантовой теории

Должен владеть:

навыками решения простейших задач о нахождении энергетического спектра и волновых функций квантовых систем и вычисления вероятностей их переходов в другие состояния под влиянием возмущений

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.22 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика живых систем)" и относится к обязательной части ОПОП ВО. Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

## **3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 108 часа(ов), в том числе лекции - 54 часа(ов), практические занятия - 54 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 54 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

## **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

### **4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции, в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Основные понятия квантовой теории	6	6	0	6	0	0	0	4
2.	Тема 2. Теория представлений.	6	3	0	3	0	0	0	6

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-мestr	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стое-тель-ная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
3.	Тема 3. Контрольная работа №1 по темам 1-2	6	0	0	2	0	0	0	
4.	Тема 4. Эволюция квантовых состояний во времени	6	6	0	4	0	0	0	2
5.	Тема 5. Одномерное движение	6	6	0	6	0	0	0	2
6.	Тема 6. Движение в центрально-симметрическом поле	6	3	0	3	0	0	0	4
7.	Тема 7. Теория возмущений	6	6	0	6	0	0	0	2
8.	Тема 8. Теория рассеяния	6	3	0	3	0	0	0	6
9.	Тема 9. Контрольная работа №2 по темам 4-8	6	0	0	2	0	0	0	
10.	Тема 10. Вариационный метод	6	3	0	3	0	0	0	4
11.	Тема 11. Квазиклассическое приближение	6	3	0	3	0	0	0	4
12.	Тема 12. Многочастичные системы	6	3	0	3	0	0	0	4
13.	Тема 13. Многоэлектронные атомы и молекулы	6	3	0	3	0	0	0	4
14.	Тема 14. Основы квантовой электродинамики	6	3	0	3	0	0	0	4
15.	Тема 15. Основы релятивистской механики.	6	6	0	2	0	0	0	8
16.	Тема 16. Контрольная работа №3 по темам 10-15	6	0	0	2	0	0	0	
	Итого		54	0	54	0	0	0	54

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Основные понятия квантовой теории

Дуализм явлений микромира: дискретные свойства волн, волновые свойства частиц. Принципы неопределенности и суперпозиции. Пространство Гильберта. Операторы наблюдаемых физических величин и их свойства. Собственные функции и собственные значения операторов. Дискретный и непрерывный спектр. Собственные функции коммутирующих операторов. Соотношение неопределенностей Гайзенберга для физических величин.

##### Тема 2. Теория представлений.

Унитарные преобразования волновых функций и операторов. Матричный метод. Координатное представление. Связь волновой функции и вектора состояния. Импульсное представление. Запись операторов координаты и импульса частицы в импульсном представлении. Матрица плотности. Чистые и смешанные состояния. Уравнение Неймана.

##### Тема 3. Контрольная работа №1 по темам 1-2

Контрольная работа по темам 1-2

Примеры задач для контрольной работы:

- Вычислить коммутатор  $[pz, l_z^2]$ , где  $l_z$  - оператор проекции момента импульса, и  $pz$  - компоненты импульса частицы в декартовой системе координат.
- Найти значение функции  $F(x)=\exp(ia*px)*(x-2)^2$  при  $x=1$  ( $px$  - оператор проекции импульса на ось  $x$ ).
- Найти распределение вероятностей для компонент импульса частицы, если её волновая функция равна  $A*\exp(-a*(x^2+y^2)-ib*z)$ .
- Волновая функция частицы с массой  $M$  равна  $C \exp(-r/p)$ . Найти среднее значение кинетической энергии частицы.

#### **Тема 4. Эволюция квантовых состояний во времени**

Уравнение Шредингера. Плотность потока вероятности и уравнение непрерывности. Оператор производной по времени от динамической переменной. Представление Гайзенберга. Стационарные состояния. Интегралы движения как следствие свойств симметрии квантовой системы. Понятие четности квантово-механического состояния.

#### **Тема 5. Одномерное движение**

Примеры сведения стационарного уравнения Шредингера для трехмерных систем к одномерной задаче. Метод разделения переменных. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме: дискретный спектр энергии. Прохождение частицы через одномерный потенциальный барьер. Понятие коэффициентов отражения / прохождения. Гармонический осциллятор.

#### **Тема 6. Движение в центрально-симметрическом поле**

Общая теория движения в центрально-симметрическом поле. Момент импульса. Собственные функции и собственные значения квадрата момента импульса и его проекции. Атом водорода: энергетический спектр и собственные функции. Кратность вырождения состояний. Классификация состояний по квантовым числам. Спектр водородоподобных атомов.

#### **Тема 7. Теория возмущений**

Теория стационарных возмущений для дискретного спектра. Возмущения при наличии вырождения. Эффект Штарка для атома водорода. Возмущения, зависящие от времени. Переходы системы в новые состояния под влиянием возмущения. Переходы в состояния с непрерывным спектром. Соотношение неопределенности для энергии и времени.

#### **Тема 8. Теория рассеяния**

Сечение рассеяния в Борновском приближении. Дифференциальное сечение рассеяния в случаях кулоновского и короткодействующего потенциалов. Формула Резерфорда. Рассеяние при больших энергиях частиц. Рассеяние медленных частиц. Аналитические свойства амплитуды рассеяния. Резонансное рассеяние при малых энергиях.

#### **Тема 9. Контрольная работа №2 по темам 4-8**

Контрольная работа по темам 4-8

Примеры задач для контрольной работы:

1. Найти среднее значение кинетической энергии электрона в атоме водорода в основном состоянии.
2. Найти распределение вероятностей для компонент импульса линейного гармонического осциллятора с массой  $m$  и частотой  $w$  в основном состоянии.
3. Найти распределение вероятностей для компонент импульса линейного гармонического осциллятора с массой  $m$  и частотой  $w$  в первом возбужденном состоянии.
4. Найти энергию состояний с нулевым моментом импульса для частицы с массой  $m$ , если потенциальная энергия частицы равна нулю внутри сферы с радиусом  $a$  и бесконечно большая вне этой сферы.
5. Найти вероятность пребывания электрона в классически запрещенной области (т.е. в области, в которой его полная энергия меньше потенциальной энергии) в основном состоянии атома водорода.
6. Найти уровни энергии и волновые функции частицы с моментом импульса  $l=1$ , если гамильтониан частицы равен  $H=b^*l_z^2+b^*(l_x^2-l_y^2)$ ,  
где  $a$  и  $b$  - постоянные.
7. Найти среднее значение потенциальной энергии электрона в атоме водорода в основном состоянии.
8. Найти коэффициент отражения частицы с массой  $m$  от потенциальной ямы (потенциальная энергия частицы при движении вдоль оси  $x$  равна нулю везде, кроме области  $0 < x < a$ , где она равна  $-U$ ,  $U > 0$ ).
9. Потенциальная энергия частицы с массой  $m$  равна  $V(x)=alx$ . Оценить энергию основного состояния, используя соотношение неопределенности.

#### **Тема 10. Вариационный метод**

Вариационный принцип в квантовой механике. Стационарное уравнение Шредингера как следствие вариационного принципа. Прямой вариационный метод Ритца. Пример: поиск приближенной волновой функции основного состояния линейного гармонического осциллятора вариационным методом. Нахождение возбужденного стационарного состояния осциллятора.

#### **Тема 11. Квазиклассическое приближение**

Предельный переход от квантовой механики к классической. Квазиклассическая волновая функция, граничные условия. Метод ВКБ (Вентцеля-Крамерса-Бриллюэна). Квантование Бора-Зоммерфельда. Пример: граничные условия для частицы в одномерной потенциальной яме. Квазиклассическое приближение для гармонического осциллятора.

### **Тема 12. Многочастичные системы**

Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы. Атом гелия: приближенное решение для собственных функций и энергий основного и возбужденного состояний. Орто- и парагелий. Понятие обменного интеграла. Эффективный спиновый оператор обменного взаимодействия.

### **Тема 13. Многоэлектронные атомы и молекулы**

Метод самосогласованного поля Хартри и Хартри-Фока. Метод Томаса-Ферми. Атом гелия. Спектральные термы. Первое и второе правила Гунда. Таблица Менделеева. Адиабатическое приближение. Молекула водорода: приближенное решение методом теории возмущений для стационарных уровней. Энергия связи в молекуле водорода.

### **Тема 14. Основы квантовой электродинамики**

Решения уравнений Максвелла, нормальные координаты, гамильтониан. Канонические переменные электромагнитного поля. Квантование электромагнитного поля. Взаимодействие электронов и фотонов. Поглощение и излучение фотонов атомами, соотношения Эйнштейна. Спонтанное излучение света атомом. Естественная ширина спектральной линии.

### **Тема 15. Основы релятивистской механики.**

Уравнение Клейна-Фока-Гордона. Свободное движение бозона. Уравнение Дирака. Понятие частица/античастица. Свойства состояний с отрицательными энергиями. Электрон и позитрон. Свободное движение электрона. Спин, полный момент количества движения. Нейтрино. Уравнение Паули, магнитный момент электрона. Спин-орбитальное взаимодействие.

### **Тема 16. Контрольная работа №3 по темам 10-15**

Контрольная работа по темам 10-15

Примеры задач для контрольной работы:

1. Оператор Гамильтона частицы со спином  $S=1/2$  равен  $H=a^*Sx+b^*Sy$ , волновая функция частицы равна  $(A; B)$ . С какой вероятностью частица находится в основном состоянии?
2. Гамильтониан частицы в электромагнитном поле с потенциалами  $A(r,t)$ ,  $\phi(r,t)$  равен  $H=(p-eA/c)^2/2m+e\phi$ . Найти оператор ускорения частицы.
3. Вычислить энергию основного состояния атома водорода вариационным методом, используя в качестве приближения для волновой функции состояния: а) Функцию Гаусса; б) экспоненциальную функцию.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная 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.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996н/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Соловьев О.В. Задачи по квантовой механике: волновые функции и операторы (уч.-метод. пособие). - 2013. - Казань. - КПФУ. [http://kpfu.ru/docs/F1064181181/Zadachi\\_po\\_kvantovoi\\_mehanike.Volnovie\\_funkcii\\_i\\_operatori.pdf](http://kpfu.ru/docs/F1064181181/Zadachi_po_kvantovoi_mehanike.Volnovie_funkcii_i_operatori.pdf) [http://kpfu.ru/portal/docs/F1064181181/Zadachi\\_po\\_kvantovoi\\_mehanike.Volnovie\\_funkcii\\_i\\_operatori.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1064181181/Zadachi_po_kvantovoi_mehanike.Volnovie_funkcii_i_operatori.pdf)

Соловьев, О.В. Квантовая теория (практический курс). Задачник для физиков. Часть I. [Электронный ресурс] / О.В. Соловьев, Э.И. Байбеков, С.И. Белов // Учебное пособие. ? Казань: Казанский университет, 2015. ? 102 с.  
<http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/20301> - <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/20301>

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Библиотека Library Genesis - <http://gen.lib.rus.ec>

методические материалы кафедры ТФ -

<http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodicheskie-materialy>

Образовательный проект А.Н. Варгина - <http://www.ph4s.ru/index.html>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

<b>Вид работ</b>	<b>Методические рекомендации</b>
лекции	<p>Для овладения дисциплиной чрезвычайно важным является усвоение лекционного материала. Необходимо посещать все лекции, во время лекции следует вести конспект. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект (а также презентацию, представленную лектором, в случае ее наличия), при этом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понять и запомнить все новые определения;</li> <li>- понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект;</li> <li>- выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются);</li> <li>- если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать;</li> <li>- студенты могут получить дополнительную информацию по вопросам, вызывающим затруднения, на консультациях с преподавателем; в случае возникновения затруднений с усвоением материала, необходимо в как можно более краткие сроки обратиться за консультацией к преподавателю, предварительно четко сформулировав список вопросов.</li> </ul>
практические занятия	<p>Для наиболее эффективного усвоения материала практического занятия рекомендуется провести подготовку к нему: 1) выполнить заданное на предыдущем практическом занятии домашнее задание (подробнее рекомендации об этом см. в пункте ?Самостоятельная работа?); в случае возникновения сложностей с его выполнением, быть готовым кратко их сформулировать на занятии; 2) разобрать лекционный материал предстоящего практического занятия. При возникновении трудностей с выполнением домашнего задания также рекомендуется проконсультироваться у своих одногруппников или сокурсников, приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетрадей одногруппников; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.</p>
самостоятельная работа	<p>В самостоятельной работе студента можно выделить несколько составляющих.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Работа над лекционным материалом ? подробнее см. в пункте ?Лекции?.</li> <li>- Самостоятельное изучение части материала (например, лекционного). Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщает преподаватель.</li> <li>- В самостоятельной работе студентов над домашним заданием можно выделить две составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных (практических) занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач. После каждого аудиторного занятия студент должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, которые решил преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Сколько бы раз не приходилось возвращаться к тетради, настоятельно рекомендуется научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей с выполнением домашнего задания также рекомендуется проконсультироваться у своих одногруппников или сокурсников, приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетрадей одногруппников; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.</li> </ul>

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>Залогом успешной сдачи экзамена являются систематические, добросовестные занятия студента в течение семестра. Однако это не отменяет необходимости специальной работы перед сессией и в период сдачи экзаменов. Специфической задачей работы студента в период экзаменационной сессии являются повторение, обобщение и систематизация всего материала, который изучен в течение семестра. Начинать повторение рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии.</p> <p>В основу повторения должна быть положена только программа. Не следует повторять ни по билетам, ни по контрольным вопросам. Повторение по билетам нарушает систему знаний и ведет к механическому заучиванию. Повторение по различного рода контрольным вопросам приводит к пропускам и пробелам в знаниях и к недоработке иногда весьма важных разделов программы. Повторение - процесс индивидуальный; каждый студент повторяет то, что для него трудно, неясно, забыто. Поэтому, прежде чем приступить к повторению, рекомендуется сначала внимательно посмотреть программу, установить наиболее трудные, наименее усвоенные разделы и выписать их на отдельном листе.</p> <p>В процессе повторения анализируются и систематизируются все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, записи лекций, конспекты прочитанных книг, заметки, сделанные во время консультаций или семинаров, и др. Ни в коем случае нельзя ограничиваться только одним конспектом, а тем более, чужими записями. Всякого рода записи и конспекты - вещи сугубо индивидуальные, понятные только автору. Готовясь по чужим записям, легко можно впасть в очень грубые ошибки. Само повторение рекомендуется вести по темам программы и по главам учебника. Закончив работу над темой (главой), необходимо ответить на вопросы учебника или выполнить задания, а самое лучшее - воспроизвести весь материал. Консультации, которые проводятся для студентов в период экзаменационной сессии, необходимо использовать для углубления знаний, для восполнения пробелов и для разрешения всех возникших трудностей. Без тщательного самостоятельного продумывания материала беседа с консультантом неизбежно будет носить 'общий', поверхностный характер и не принесет нужного результата.</p>

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

  - продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
  - продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
  - продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки "Физика живых систем".

*Приложение 2*  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
*Б1.О.22 Квантовая теория*

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика живых систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

**Основная литература:**

1. Байков, Ю. А. Квантовая механика : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 294 с. - ISBN 978-5-00101-856-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151548> (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кочелаев, Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев. - [2-е изд., перераб., доп. и испр.]. - Казань: Казанский университет, 2013. - 222 с. - Текст : электронный . - URL: [http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum\\_Theory.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum_Theory.pdf) (дата обращения: 21.05.2021) - Режим доступа: открытый.
3. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики : учебное пособие / Д. И. Блохинцев. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 672 с. - ISBN 978-5-8114-0554-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/167719> (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

1. Барановский, В. И. Квантовая механика и квантовая химия : учебное пособие / В. И. Барановский. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 428 с. - ISBN 978-5-8114-3961-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/113631> (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Соловьев, О.В. Квантовая теория. Задачник для физиков. Часть I : учебное пособие / О.В. Соловьев, Э.И. Байбеков, С.И. Белов. - Казань: Казанский университет, 2015. 102 с. - Текст: электронный ресурс. - URL: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/20301> (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Соловьев, О.В. Задачи по квантовой механике: волновые функции и операторы: учебно-методическое пособие / О. В. Соловьев. - Казань: КФУ, 2013. - 49 с. - Текст : электронный. - URL: [http://kpfu.ru/portal/docs/F1064181181/Zadachi\\_po\\_kvantovoi\\_mehanike.Volnovie\\_funkcii\\_i\\_operatori.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1064181181/Zadachi_po_kvantovoi_mehanike.Volnovie_funkcii_i_operatori.pdf) (дата обращения: 21.05.2021). - Режим доступа: открытый.

*Приложение 3*  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
**B1.O.22 Квантовая теория**

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая  
перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика живых систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.