

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев  
«21» мая 2024 г.

**Рабочая программа**  
**«Теоретическая физика»**

Направление подготовки  
04.03.01 Химия

Направленность (профиль)  
«Медицинская и фармацевтическая химия»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № 7 от «29» апреля 2024 года

Программа одобрена  
НМК физического факультета  
протокол № 5 от «30» апреля 2024 года

Ярославль

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

- изучение формализма Лагранжа и Гамильтона на примере уравнений Гамильтона и вариационных принципов;
- изучение основ электродинамики, включая электростатику, магнитостатику и теорию излучения;
- изучение математического аппарата квантовой механики, используемого для решения квантовомеханических задач;
- ознакомление с основными положениями и принципами квантовой механики;
- рассмотрение простейших квантовомеханических задач, в частности, задачи об атоме водорода и их обобщение на более сложные атомные системы.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теоретическая физика» относится к обязательной части Блока 1.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть математическим аппаратом векторного и тензорного анализа, линейной алгебры, дифференциального исчисления, уметь решать основные типы дифференциальных уравнений, знать специальные функции математической физики и их свойства, знать основы теоретической механики и электродинамики, иметь представление об основных понятиях физики атома и атомного ядра.

Полученные в курсе «Теоретическая физика» знания необходимы для изучения последующих дисциплин модуля Блока 1, а также для продолжения обучения в магистратуре по направлению Химия.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-4</b> Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач	<b>ОПК-4.1</b> Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности	<b>Знать:</b> – основные теоремы и уравнения квантовой механики; – приближенные методы вычислений в квантовой механике. <b>Уметь:</b> – воспроизводить ключевые физические принципы и математические приемы, используемые при построении квантовой механики; – определять корректность использования тех или иных физических предположений и математических методов, применяемых при формулировке и решении квантовомеханических задач; – решать уравнение Шредингера для атома водорода.

		<b>Владеть навыками:</b> – решения уравнения Шредингера для произвольных систем; – практического применения приближенных методов вычислений в квантовой механике для решения физических задач, связанных с движением атомных частиц; – работы со спиновыми волновыми функциями.
--	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			Лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение.	4	2	2				2	Задания для самостоятельной работы
2	Уравнения Гамильтона и вариационные принципы.	4	4	2				2	Задания для самостоятельной работы
3	Основы электродинамики.	4	6	4				2	Задания для самостоятельной работы
4	Математический аппарат квантовой механики.	4	8	4				4	Задания для самостоятельной работы
5	Приложения квантовой механики.	4	12	4		2		6	Задания для самостоятельной работы
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					2			Задания для самостоятельной работы
6	Спин электрона.	4	2	1				1	
							0,3	1,7	Зачет
	<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>	<b>17</b>		<b>2</b>	<b>0,3</b>	<b>18,7</b>	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					<b>2</b>			

#### Содержание разделов дисциплины:

##### 1. Введение.

1.1. Введение. Масштабы расстояний в природе. Методы теоретической физики и ее связь с экспериментом.

1.2. Микромир. Основные положения и принципы квантовой механики. Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.

## **2. Уравнения Гамильтона и вариационные принципы.**

- 2.1. Принцип наименьшего действия. Уравнение Лагранжа-Эйлера.
- 2.2. Канонические уравнения Гамильтона.
- 2.3. Скобки Пуассона. Теорема Пуассона.

## **3. Основы электродинамики.**

- 3.1. Электростатическое поле. Уравнения Пуассона. Потенциал и напряженность поля статической системы зарядов.
- 3.2. Электростатическое поле системы зарядов на больших расстояниях. Дипольный и квадрупольный моменты системы.
- 3.3. Энергия системы статических зарядов во внешнем поле. Диполь во внешнем поле.
- 3.4. Магнитное поле стационарных токов. Закон Био-Саварра.
- 3.5. Магнитное поле системы замкнутых токов на больших расстояниях. Магнитный момент.

## **4. Математический аппарат квантовой механики.**

- 4.1. Описание физических величин операторами. Операторы координаты, импульса, момента импульса, кинетической и потенциальной энергии, гамильтониан.
- 4.2. Среднее значение физической величины в квантовой механике. Понятие оператора, эрмитово сопряженного к данному. Самосопряженные операторы. Вещественность средних значений физических величин. Общие свойства операторов, алгебра операторов.
- 4.3. Средние значения операторов и средние квадратичные отклонения от них. Собственные значения и собственные функции эрмитовых операторов и их свойства. Дискретный, непрерывный и смешанный спектры. Примеры нахождения собственных значений операторов  $P_x$ ,  $M_z$ . Основные свойства собственных функций дискретного и непрерывного спектра. Нормировка волновой функции непрерывного спектра на  $\delta$ -функцию.
- 4.4. Условие возможности одновременного точного измерения нескольких физических величин в одном состоянии системы. Определение волновой функции (состояния) микрообъекта полным набором независимых физических величин, характеризующих внешние условия.
- 4.5. Соотношение неопределенностей для физических величин. Вывод соотношения неопределенностей из аппарата квантовой механики.
- 4.6. Уравнение Шредингера. Сохранение нормировки волновой функции. Плотность тока вероятности. Уравнения непрерывности. Стационарное уравнение Шредингера.

## **5. Приложения квантовой механики.**

- 5.1. Свободная частица.
- 5.2. Гармонический осциллятор. Нулевая энергия. Повышающие и понижающие операторы.
- 5.3. Общая теория движения частицы в поле центральных сил. Сохранение момента импульса. Повышающие и понижающие операторы момента.
- 5.4. Собственные функции и собственные значения оператора квадрата момента импульса.
- 5.5. Движение в кулоновском поле. Водородоподобные атомы. Дискретный спектр.

## **6. Спин электрона.**

- 6.1. Экспериментальное обоснование существования собственного момента импульса электрона. Опыты Штерна-Герлаха и Эйнштейна-де Гааза.
- 6.2. Оператор спина. Матрицы Паули. Собственные значения и функции оператора проекции спина на произвольное направление и на направления осей декартовой системы координат.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Теоретическая физика» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

1. Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» <https://www.urait.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант Студента»  
<https://www.studentlibrary.ru/>

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Ефремов, Ю.С. Квантовая механика : учебное пособие для вузов / Ю.С. Ефремов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 458 с. – (Университеты России). – ISBN 978-5-534-04975-6. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/438848>

### **б) дополнительная литература**

1. Гвоздев А.А., Огнев И.С. Избранные задачи по курсу «Теоретическая механика». – Ярославль: ЯрГУ, 2005. – 44 с.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=317679&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=317679&cat_cd=YARSU)
2. Нарынская Е.Н. Методические указания к решению задач по квантовой механике. Учебно-методическое пособие. – Ярославль: ЯрГУ, 2019. – 56 с. (электронный ресурс)  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20190705.pdf>

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Профессор кафедры  
теоретической физики, д.ф.-м.н.



Д.А. Румянцев

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины  
«Теоретическая физика»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Задания для самостоятельной работы**

**Задания по теме № 1 «Введение»:**

Раздел 1.1: составить таблицу основных физических величин в системах СИ и СГС.

**Задания по теме № 2 «Уравнения Гамильтона и вариационные принципы»:**

Разделы 2.1-2.3: Решить задачи 7.2 – 7.6 из раздела 7 методического пособия Гвоздев А.А., Огнев И.С. Избранные задачи по курсу «Теоретическая механика». – Ярославль: ЯрГУ, 2005.

[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=317679&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=317679&cat_cd=YARSU)

**Задания по теме № 3 «Основы электродинамики»**

Раздел 3.1: Найти траекторию движения заряженной частицы с зарядом  $e$  и массой  $m$  в постоянном однородном электрическом поле;

Раздел 3.4: Найти траекторию движения заряженной частицы с зарядом  $e$  и массой  $m$  в постоянном однородном магнитном поле;

**Задания по теме № 4 «Математический аппарат квантовой механики»:**

Раздел 4.1: Найти выражение для операторов координаты  $\hat{x}$  и проекции импульса  $\hat{p}_x$  в импульсном представлении;

Раздел 4.2: Выполнить задания для самостоятельного решения к главе 2. Операторы в квантовой механике. Алгебра операторов. № 1-9 (стр. 31) из учебно-методического пособия «Методические указания к решению задач по квантовой механике» / Е.Н. Нарынская / ЯрГУ, 2019.

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20190705.pdf>

**Задания по теме № 5 «Приложения квантовой механики»:**

Раздел 5.2: Найти результат действия повышающего оператора на волновую функцию одномерного гармонического осциллятора  $\psi_n(\xi)$ .

Раздел 5.2: С помощью повышающего и понижающего операторов найти волновые функции одномерного гармонического осциллятора в квантовых состояниях  $n = 2, 3, 4$ ;

Раздел 5.4: С помощью повышающего и понижающего операторов найти сферические функции  $Y_{lm}(\theta, \varphi)$  для квантового состояния с  $l=2$ .

Раздел 5.5: Найти волновые функции водородоподобного атома для  $n=2$ .

**Задания по теме № 6 «Спин электрона»:**

Раздел 6.2: Найти собственные значения и собственные функции оператора проекции спина на ось  $u$  декартовой системы координат.

## Критерии оценивания результатов выполнения самостоятельной работы

- *Отлично* выставляется, если задание выполнено полностью.
- *Хорошо* выставляется, если задание выполнено полностью с незначительными ошибками.
- *Удовлетворительно* выставляется, если обучающийся приступил к выполнению задания, наметил алгоритм решения, но допустил серьезные ошибки на этапах решения.
- *Неудовлетворительно* выставляется, если обучающийся не приступал к выполнению задания или не смог выработать алгоритм его решения.

## **2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

### **Список вопросов к зачету**

1. Введение. Масштабы расстояний в природе.
2. Принцип наименьшего действия. Уравнение Лагранжа-Эйлера.
3. Канонические уравнения Гамильтона.
4. Движение в центральном поле. Кеплерова задача.
5. Уравнения Максвелла в трехмерном виде.
6. Электростатическое поле. Уравнения Пуассона. Потенциал и напряженность поля статической системы зарядов.
7. Электростатическое поле системы зарядов на больших расстояниях. Дипольный момент системы.
8. Поле произвольно движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы.
9. Поле произвольно движущихся зарядов на асимптотически больших расстояниях. Излучение.
10. Дифференциальная и полная интенсивности излучения.
11. Дипольное излучение.
12. Гипотеза де Бройля. Волны де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.
13. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Разложение волновой функции по плоским волнам де Бройля.
14. Статистическая интерпретация волновой функции по Борну. Волновая функция в координатном импульсном представлениях.
15. Описание физических величин операторами. Операторы координаты, импульса, момента импульса, кинетической и потенциальной энергии, гамильтониан.
16. Среднее значение физической величины в квантовой механике. Понятие оператора, эрмитово сопряженного к данному. Самосопряженные операторы. Вещественность средних значений физических величин. Общие свойства операторов, алгебра операторов.
17. Средние значения операторов и средние квадратичные отклонения от них. Собственные значения и собственные функции эрмитовых операторов и их свойства.
18. Примеры нахождения собственных значений операторов  $P_x$ ,  $M_z$ .
19. Условие возможности одновременного точного измерения нескольких физических величин в одном состоянии системы. Определение волновой функции (состояния) микрообъекта полным набором независимых физических величин, характеризующих внешние условия.
20. Соотношение неопределенностей для физических величин. Вывод соотношения неопределенностей из аппарата квантовой механики.
21. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера.
22. Уравнение Шредингера для свободной частицы.
23. Гармонический осциллятор. Нулевая энергия. Повышающие и понижающие операторы.



24. Общая теория движения частицы в поле центральных сил. Сохранение момента импульса. Повышающие и понижающие операторы момента.
25. Собственные функции и собственные значения оператора квадрата момента импульса.
26. Движение в кулоновском поле. Водородоподобные атомы. Дискретный спектр.
27. Экспериментальное обоснование существования собственного момента импульса электрона. Опыты Штерна-Герлаха и Эйнштейна-де Гааза.
28. Оператор спина. Матрицы Паули. Собственные значения и функции оператора проекции спина на произвольное направление и на направления осей декартовой системы координат.
29. Метод теории возмущений в стационарных задачах с дискретным спектром. Теория возмущений при наличии вырождения.
30. Расщепление спектральных линий водородоподобного атома в электрическом поле. Эффект Штарка.
31. Расщепление спектральных линий водородоподобного атома во внешнем магнитном поле. Эффект Зеемана.

### Список заданий к зачету

На зачете проверяется сформированность компетенции ОПК-4 (индикатор ОПК-4.1 в части умений работы - воспроизводить ключевые физические принципы и математические приемы, используемые при построении лагранжева и гамильтонова формализма, электродинамики и квантовой механики; определять корректность использования тех или иных физических предположений и математических методов, применяемых при формулировке и решении квантово-механических задач. решать уравнения Шредингера для атома водорода).

Зачет выставляется по результатам контрольной работы при условии набора по итогам ее выполнения студентом с одной попытки не менее 10 баллов или устного собеседования по вопросам. В этом случае оценки «зачтено» и «не зачтено» выставляются по следующим критериям.

**Оценка «Зачтено»** выставляется студенту, который дает недостаточно полные и последовательные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, но при этом демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. Ответы излагаются в терминах квантовой механики, но при этом допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

**Оценка «Не зачтено»** выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы. Дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора не приводят к коррекции ответов студента. На основную часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Оценка «Не зачтено» выставляется также студенту, который отказался отвечать на вопросы.

### Правила выставления оценки по результатам контрольной работы:

Оценка по результатам контрольной работы определяется в баллах по следующему принципу: правильно выполненное задание оценивается в максимальное количество баллов, указанное по данному заданию в варианте.

Каждое из заданий может быть оценено половиной заявленных по нему баллов, в случае, когда при его выполнении правильно применено определение оператора (коммутатора и т.д.), правильно использованы свойства операторов (коммутаторов и т.д.), но имеются ошибки в численных расчетах.

Полностью неправильно выполненное задание - 0 баллов.

### Примеры заданий:

#### Вариант 1

1. Вычислить следующие коммутаторы:

$$\left[ \frac{\partial}{\partial y}, 3yx^5 \right] - 1 \text{ балл}, \quad \left[ \hat{V}, \hat{F}^2 \right] - 3 \text{ балла}, \quad \left[ z^2, \hat{M}_x \right] - 2 \text{ балла}$$

2. Найти оператор, эрмитово-сопряженный оператору

$$\hat{A} = i y \frac{\partial}{\partial y} \quad - 2 \text{ балла}$$

3. Найти нормировочный коэффициент функции

$$\psi(\theta, \varphi) = N \sin \theta e^{i\varphi}, \quad 0 < \varphi < 2\pi, 0 < \theta < \pi \quad - 3 \text{ балла}$$

4. Найти сферическую функцию  $Y_{2,-1}(\theta, \varphi)$ , используя следующее определение:

$$Y_{lm}(\theta, \varphi) = N e^{im\varphi} \sin^{|m|} \theta \frac{d^{|m|} P_l(\cos \theta)}{d \cos \theta^{|m|}},$$

$$\text{где } P_l(x) = \frac{1}{2^l l!} \frac{d^l}{dx^l} (x^2 - 1)^l$$

и отнормировать ее - 4 балла, затем, подействовав на нее оператором  $\hat{K}^+$ , получить сферическую функцию  $Y_{20}(\theta, \varphi)$  - 3 балла.

#### Вариант 2

1. Вычислить следующие коммутаторы:

$$\left[ \frac{\partial}{\partial z}, 3z^2 + x^2 \right] - 1 \text{ балл}, \quad \left[ \hat{V}, (\hat{A} \cdot \hat{F})^2 \right] - 3 \text{ балла}, \quad \left[ p_z^2, \hat{M}_x \right] - 2 \text{ балла}$$

2. Найти оператор, эрмитово-сопряженный оператору

$$\hat{A} = i \frac{\partial}{\partial \varphi} \cos \varphi \quad - 2 \text{ балла}$$

3. Найти нормировочный коэффициент функции

$$\psi(r) = N r^2 e^{-r/2}, \quad 0 < r < \infty \quad - 3 \text{ балла}$$

4. Найти сферическую функцию  $Y_{2,0}(\theta, \varphi)$ , используя следующее определение:

$$Y_{lm}(\theta, \varphi) = N e^{im\varphi} \sin^{|m|} \theta \frac{d^{|m|} P_l(\cos\theta)}{d \cos\theta^{|m|}},$$

$$\text{где } P_l(x) = \frac{1}{2^l l!} \frac{d^l}{dx^l} (x^2 - 1)^l$$

и отнормировать ее – 4 балла, затем, подействовав на нее оператором  $\hat{K}^+$ , получить сферическую функцию  $Y_{2,1}(\theta, \varphi)$  – 3 балла.

## Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Теоретическая физика»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Теоретическая физика» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе теоретической физики лежит особый математический аппарат, с помощью которого решаются довольно сложные и громоздкие задачи. По большому числу тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным физическим задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом теоретической физики.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы теоретической физики.

Задания для самостоятельного решения формулируются на лекциях и практических занятиях. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач. Полный список заданий для самостоятельной работы по темам (разделам) дисциплины приведен в ЭУК в LMS Moodle «Теоретическая физика». Вопросы, возникающие в процессе или по итогам решения этих задач, можно задать на консультациях или в форуме (чате) в ЭУК в LMS Moodle.

Для самостоятельной работы, в том числе и повтора разобранного лекции и практических занятий материала первого семестра изучения дисциплины рекомендуется использовать учебно-методическое пособие «Методические указания к решению задач по квантовой механике» (автор Е.Н. Нарынская), 2019 год издания. Данное пособие состоит из четырех разделов, в которых рассматриваются задачи на использование основных понятий аппарата квантовой механики. Материал каждого раздела включает в себя краткое изложение теоретического материала по заданной теме, который затем иллюстрируется подробным решением типичных задач. В заключение каждого раздела приводятся задания для самостоятельного решения, ответы к этим заданиям и указания по их решению приведены в конце данного учебно-методического пособия.

В конце семестра, после изучения дисциплины студенты сдают зачет. Зачет по итогам первого семестра выставляется по итогам контрольной работы. На зачете проверяются умения и навыки студентов в работе с основными понятиями теоретической физики и, в частности, квантовой механики, являющимися основной для построения всего математического аппарата квантовой механики - волновыми функциями и операторами квантовой механики.