

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт Электронных и информационных систем

Кафедра общей и экспериментальной физики



С.И. Эминов
И.О.Фамилия
2017 г.

Теоретическая физика: Квантовая механика
(наименование учебного модуля)

Учебный модуль по направлению
44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).
Профили подготовки «Физика и Информатика»

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебного отдела
О.Б. Широколобова
подпись И.О.Фамилия
25 10 2017 г.
число месяц

Разработал
Профессор КОЭФ
В.А.Абрамовский
подпись И.О.Фамилия
2017 г.
число месяц

Принято на заседании кафедры ОЭФ
Протокол № 1 от 06.09. 2017
г.

Заведующий кафедрой
В.В. Гаврушко
подпись И.О.Фамилия
06 09. 2017 г.
число месяц

1 Цели и задачи учебного модуля

Цели учебного модуля (УМ) В соответствии с требованиями ФГОС к уровню подготовки, бакалавр по направлению 44.03.05 – Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки): профили подготовки “Физика и Информатика”, должен быть подготовлен к решению профессиональных задач в соответствии с профильной направленностью ООП бакалавриата и видами профессиональной деятельности.

Целью курса "Квантовая механика" является формирование систематизированных знаний на атомном, ядерном и субъядерном масштабных уровнях; формирование способностей применять теоретические формы познания в физике; формирование представлений о применении теоретических методов в преподавании физики в средних учебных заведениях.

Задачи УМ формирование представлений о применении теоретических методов в преподавании физики в средних учебных заведениях. Важнейшей задачей курса "Квантовая механика" - приобретение базовых знаний для дальнейшего изучения последующих разделов теоретической физики.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

Модуль “ Теоретическая физика: Квантовая механика” входит в профильную часть учебного плана дисциплин ООП подготовки бакалавров по направлению “Педагогическое образование”. Учебный модуль “ Теоретическая физика: Квантовая механика ” предназначен для студентов 3-го курса бакалавриата (6-й семестр) и опирается на знания, полученные в ходе изучения дисциплин бакалавриата («Высшая математика», «Общая и экспериментальная физика», «Классическая механика», «Электродинамика»).

Модуль “ Теоретическая физика: Квантовая механика” формирует способность свободно владеть разделами физики и математики, необходимыми для решения научных и научно-педагогических задач. Знания в области физики и математики, полученные при изучении данного курса, используются при освоении дисциплин: “Статистическая физика и термодинамика”, а также в научной работе.

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенций:

- способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве (ОК-3);
- готовностью реализовывать образовательные программы по учебным предметам (физика и информатика) в соответствии с требованиями образовательных стандартов (ПК-1);

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ОК-3	повышенный	основные дисциплины естественнонаучного и физико-математического содержания; основные этапы развития истории естественных и физико-математических	применять полученные знания естественнонаучных и физико-математических дисциплин для проектирования новых учебных курсов, факультативов, для организации работы	представлениями о применении знаний естественнонаучных и математических дисциплин в развитии науки и техники и об их влиянии на развитие жизни общества

		наук; основные теоремы и методы математики; основные законы общей экспериментальной и теоретической физики; основные требования к математической обработке экспериментальных данных	тематических кружков	
ПК-1	повышенный	общую и экспериментальную физику; методику обучения физике и информатике и технику решения задач; образовательные программы по физике и информатике	использовать знания общей и экспериментальной физики, методики обучения физике и информатике и техники решения задач и образовательные программы по физике и информатике	навыками использования знаний общей и экспериментальной физики, методики обучения физике и информатике и техники решения задач и образовательные программы по физике и информатике

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формир-х компет-й
		6	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ): 1) УЭМ 1 (<i>Физические основы квантовой механики</i>): - лекции - практические занятия - в том числе аудиторная СРС - внеаудиторная СРС	1	6 9 3 21	ОК-3, ПК-1
2) УЭМ 2 (<i>Математический аппарат квантовой механики</i>): - лекции - практические занятия - в том числе аудиторная СРС - внеаудиторная СРС	1	6 9 3 21	ОК-3, ПК-1
3) УЭМ 3 (<i>Точно решаемые задачи квантовой механики</i>): - лекции - практические занятия - в том числе аудиторная СРС - внеаудиторная СРС	1	6 9 3 21	ОК-3, ПК-1

4) УЭМ 4 (<i>Квазиклассическое приближение.</i>): - лекции - практические занятия - в том числе аудиторная СРС - внеаудиторная СРС	1	6 9 3 21	ОК-3, ПК-1
5) УЭМ 5 (<i>Матричная форма квантовой механики.</i>): - лекции - практические занятия - в том числе аудиторная СРС - внеаудиторная СРС	1	6 9 3 21	ОК-3, ПК-1
6) УЭМ (<i>Атомы.</i>): - лекции - практические занятия - в том числе аудиторная СРС - внеаудиторная СРС	1	6 9 3 21	ОК-3, ПК-1
Аттестация: - экзамен			

*) зачеты принимаются в часы аудиторной СРС.

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

УЭМ 1 Физические основы квантовой механики.

- 1.1 Волновая функция. Принцип суперпозиции. Соотношение неопределенности.
- 1.2 Волновое уравнение Шредингера. Плотность потока вероятности.

УЭМ 2 Математический аппарат квантовой механики.

- 2.1 Линейные операторы. Собственные значения и собственные функции операторов.
- 2.2 Эрмитовы операторы. Ортогональность и нормировка собственных функции эрмитовых операторов.
- 2.3 Разложение по собственным функциям.
- 2.4 Волновая функция и вероятность результатов измерений.
- 2.5 Операторы и собственные функции координаты и импульса.
- 2.6 Оператор Гамильтона.
- 2.7 Собственные функции и собственные значения операторов момента и квадрата момента.

УЭМ 3 Точно решаемые задачи квантовой механики.

- 3.1 Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме.
- 3.2 Отражение и прохождение через потенциальный барьер.
- 3.3 Линейный осциллятор.
- 3.4 Движение в кулоновом поле.

УЭМ 4 Квазиклассическое приближение.

- 4.1 Предельный переход к классической механике.
- 4.2 Решение уравнения Шредингера вблизи точек поворота.
- 4.3 Движение в потенциальной яме в квазиклассическом приближении.
- 4.4 Прохождение через потенциальный барьер.
- 4.5 Квазиклассическое движение в центрально-симметричном поле.

УЭМ 5 Матричная форма квантовой механики.

5.1 Операторы и матрицы.

5.2 Собственные функции и собственные значения оператора, заданные в матричной форме.

5.3 Представления Шредингера и Гейзенберга. Представление взаимодействия.

5.4 Линейный осциллятор в матричном представлении.

5.5 Матричные элементы оператора момента. Сложение моментов количества движения.

УЭМ 6 Атомы.

6.1 Вариационный принцип.

6.2 Метод Хартри-Фока.

6.3 Операторы спина. Собственные функции операторов проекций спина частиц.

6.4 Периодическая система элементов.

6.5 Эффект Зеемана.

6.6 Эффект Пашена-Бака и диамагнетизм атомов.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Лабораторный практикум – нет

4.4 Курсовые проекты (работы) – нет

4.5 Организация изучения учебного модуля

Образовательный процесс по дисциплине строится на основе комбинаций методологических технологий (модульно-рейтинговое обучение, контекстное обучение, технология поэтапного формирования умственных действий, технология развивающего обучения, технология развития критического мышления), осуществляемых с использованием следующих тактических действий:

- лекционные (вводная лекция, информационная лекция, обзорная лекция, лекция-консультация, проблемная лекция);
- практические (решение задач, углубление знаний, полученных на теоретических занятиях);
- тренинговые (формирование определенных умений и навыков, формирования алгоритмического мышления);
- активизации познавательной деятельности (работа с литературой, подготовка сообщений, докладов, рефератов, обсуждение различных решений и различных доказательств тех или иных задач и теорем);
- самоуправление (самостоятельная работа студентов, самостоятельное изучение материала).

Необходимо обязательное использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций, контроля знаний и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование мультимедиа средств при проведении лекционных и практических занятий.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра; рубежный – на девятой неделе семестра; семестровый – по окончании изучения УМ.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положениями «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников».

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено **Картой учебно-методического обеспечения** (Приложение В)

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Реализация учебного модуля требует наличия учебной аудитории, оборудованной:

- посадочными местами по количеству обучающихся;
- рабочим местом преподавателя;
- методическими материалами (включая электронные): комплект учебно-методических пособий по разделам модуля.

Технические средства обучения MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, TeX, SciLab.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В - Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)

**Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
«Теоретическая физика: Квантовая механика»**

Методические рекомендации по организации УМ предусматривают следующие виды учебных занятий: теоретические (лекционные), практические занятия.

Содержание основных разделов, а также методы и средства проведения занятий представлены ниже (Л – 1 академический час, ПЗ – 1 академический час). Теоретические разделы соответствуют учебникам [1–3], практические занятия и домашние задания соответствуют учебнику [4]. После каждого практического занятия на дом задаются те примеры, аналоги которых проработаны в аудитории, а также примеры, требующие самостоятельного поиска путей решений в соответствии с рассмотренной теорией.

Темы самостоятельных работ представлены в конце каждого раздела. Отчет о проделанной самостоятельной работе и домашние работы представляются в виде конспекта.

Изучаемый в курсе квантовой механики материал является базовым и крайне востребован в математических и других физических дисциплинах. Поэтому основной задачей преподавателя является ознакомление студентов с математическими методами, применяемыми в смежных разделах математики и физики.

Технологически эти задачи решаются с помощью информационных лекций, практических занятий, ответов на вопросы студентов, обсуждений результатов решения задач, самостоятельной работы студентов. Методические рекомендации устанавливают порядок и методику изучения теоретического и практического материала учебного модуля. Методические рекомендации составляются по каждому виду учебной работы, включенные в модуль. Методические рекомендации должны нацеливать студента на творческую самостоятельную работу, не должны подменять учебную литературу и справочники, давать готовых решений поставленных перед студентом задач.

Контрольные вопросы.

1. Постулаты квантовой механики.
2. Вектор плотности тока вероятности. Уравнение непрерывности
3. Соотношение неопределенности
4. Линейные операторы. Коммутатор. Свойства коммутирующих операторов.
5. Эрмитовы операторы и их свойства.
6. Функции операторов.
7. Оператор импульса. Собственные функции (СФ) и собственные значения (СЗ). Импульсное представление.
8. Разложение по собственным функциям
9. Волновая функция и вероятность результатов измерений
10. Оператор Гамильтона. Стационарные состояния.
11. Собственные функции и собственные значения операторов момента и квадрата момента
12. Линейный осциллятор
13. Движение в центральном поле. Выделение движения центра инерции
14. Движение в кулоновом поле
15. Движение в потенциальной яме в квазиклассическом приближении
16. Операторы и матрицы
17. Представления Шредингера и Гейзенберга. Представление взаимодействия
18. Стационарная теория возмущений

19. Теория возмущений, зависящих от времени
20. Спин
21. Уравнение Паули.
22. Волновые функции для системы фермионов и бозонов. Принцип Паули
23. Волновая функция для системы двух тождественных частиц со спином $1/2$. Обменное взаимодействие
24. Молекула водорода. Вращение и колебания молекул

Темы домашних заданий для СРС

1. Линейные операторы.
2. Эрмитовы операторы и их свойства. Операторы материальной точки.
3. Постулаты квантовой механики.
4. Уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности.
5. Стационарное решение.
6. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
7. Квантовый осциллятор. Спектр.
8. Матричное представление квантовой механики. Эрмитовы матрицы.
9. Унитарные матрицы. Свойства унитарных матриц.
10. Задача движения в поле центральных сил. Водородоподобный атом.
11. Теория спина Паули. Матрицы Паули. Вектор спина.
12. Магнитный момент. Спин-орбитальное расщепление в атомах.
13. Молекула водорода. Обменное взаимодействие. Энергия связи.

Пример экзаменационного билета

Министерство науки и образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра Общей и экспериментальной физики
Квантовая механика

Экзаменационный билет №2

1. Вектор плотности тока вероятности. Уравнение непрерывности.
2. Линейный осциллятор.
3. Задача.

Зав. кафедрой ОЭФ

В.В. Гаврушко

Приложение Б
(обязательное)

Технологическая карта учебного модуля «Теоретическая физика: Квантовая механика»
семестр _6_, ЗЕТ _6_, вид аттестации – экзамен, акад. часов _216_, баллов рейтинга _300_

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ неде- ли сем.	Трудоемкость, ак. час					Форма текущего контроля успе- в. (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
Теоретическая физика: Квантовая механика		36	54		18	126		300
УЭМ 1 Физические основы квантовой механики. 1.1 Волновая функция. Принцип суперпозиции. Соотношение неопределенности 1.2 Волновое уравнение Шредингера. Плотность потока вероятности.	1–3	6	9		3	21	ДР СР	15 15
УЭМ 2 Математический аппарат квантовой механики. 2.1Линейные операторы. Собственные значения и собственные функции операторов. 2.2 Эрмитовы операторы. Ортогональность и нормировка собственных функций эрмитовых операторов. 2.3 Разложение по собственным функциям. 2.4 Волновая функция и вероятность результатов измерений. 2.5 Операторы и собственные функции координаты и импульса. 2.6 Оператор Гамильтона. 2.7 Собственные функции и собственные значения операторов момента и квадрата момента.	4–6	6	9		3	21	ДР СР КР1	15 15 20
УЭМ 3 . Точно решаемые задачи квантовой механики. 3.1 Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. 3.2 Отражение и прохождение через потенциальный барьер. 3.3 Линейный осциллятор. 3.4 Движение в кулоновом поле.	7–9	6	9		3	21	ДР СР	20 20
УЭМ 4 Квазиклассическое приближение. 4.1 Предельный переход к классической механике. 4.2 Решение уравнения Шредингера вблизи точек поворота. 4.3 Движение в потенциальной яме в квазиклассическом приближении. 4.4 Прохождение через потенциальный барьер. 4.5 Квазиклассическое движение в	10 - 12-	6	9		3	21	ДР СР	15 15

центрально-симметричном поле.									
УЭМ 5 Матричная форма квантовой механики.									
5.1 Операторы и матрицы. 5.2 Собственные функции и собственные значения оператора, заданные в матричной форме. 5.3 Представления Шредингера и Гейзенберга. Представление взаимодействия. 5.4 Линейный осциллятор в матричном представлении. 5.5 Матричные элементы оператора момента. Сложение моментов количества движения.									
13 - 15	6	9		3	21	ДР СР КР2	20 20 20		
УЭМ 6 Атомы.									
6.1 Вариационный принцип. 6.2 Метод Хартри-Фока. 6.3 Операторы спина. Собственные функции операторов проекций спина частиц. 6.4 Периодическая система элементов. 6.5 Эффект Зеемана. 6.6 Эффект Пашена-Бака и диамагнетизм атомов.									
16 -18	6	9		3	21	ДР СР	20 20		
Экзамен									
	36	54		18	126		50		
Итого:									
	36	54		18	126		300		

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины:

Трудоёмкость дисциплины 6 ЗЕ = 506 х 6 = 300 б.

— («оценка «удовлетворительно») - 150 – 209 баллов.

— («оценка «хорошо») - 210 – 269 баллов.

— («оценка «отлично») - 270 – 300 баллов.

Приложение В

(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля – Теоретическая физика: Квантовая механика.

Направление (специальность) **44.03.05 – Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки). Профили подготовки “Физика и Информатика”.**

Формы обучения – дневная_

Курс_3_ Семестр_6__

Часов: всего _216_, лекций _36_, практ. зан. _54_, СРС и виды индивидуальной работы (курсовая работа, КП) _126_

Обеспечивающая кафедра – Кафедра Общей и экспериментальной физики_____

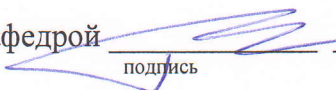
Таблица 1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличи е в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А., Курс теоретической физики, т. II: учеб. пособие М..»Наука», 1971, 936 с.	1	
2. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Квантовая механика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, 725с	3	
3. Иродов И. Е., Квантовая физика. Основные законы. Учебное пособие для вузов, [Электронный ресурс] - режим доступа http://mexalib.com/view/6021		
4. Елютин П.В., Кривченков В.Д., «Квантовая механика с задачами», [Электронный ресурс] - режим доступа http://book-pdf.org/physics/file6118.html --		
Дополнительная литература		
1. Коэн-Таннуджи Клод. Квантовая механика = Mecanique quantique : В 2 т. Т.1 / Пер.с фр.Л.Н.Новикова;Урал.ун-т. - Екатеринбург, 2000. - 941с. : ил.		
2. Коэн-Таннуджи Клод. Квантовая механика = Mecanique quantique : В 2 т. Т.2 / Пер.с фр.Л.Н.Новикова;Урал.ун-т. - Екатеринбург, 2000. - 798,[1]с. : ил.		
Учебно-методические издания		
1. Рабочая программа по курсу “Теоретическая физика: Квантовая механика”. / Авт. сост. В.А. Абрамовский, НовГУ, – Великий Новгород, 2017 -12 с.		
2		

Таблица 2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, Интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
LaTeX	https://miktex.org http://www.texstudio.org /	Свободно распространяемый продукт
SciLab	http://www.scilab.org/	Свободно распространяемый продукт
MS Office		Лицензия

Действительно для учебного года ___2017___/___2018___

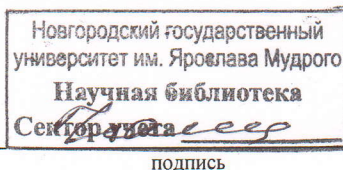
Зав. кафедрой  В.В. Гаврушко
подпись И.О.Фамилия

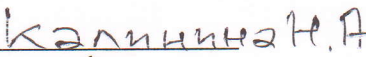
20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:


должность




расшифровка

Примечания:

1 Карта учебно-методического обеспечения (УМО) составляется совместно для учебного модуля всех форм обучения.

2 Название учебного модуля берется из рабочего учебного плана текущего учебного года.

3 В таблицу 1 входят:

- в раздел «Учебники и учебные пособия» не более пяти изданий основной литературы:
- учебники и учебные пособия с грифом Минобразования или других органов исполнительной власти РФ;
- учебные издания НовГУ, допущенные к использованию Учёным советом, конспект лекций;
- издания должны быть не старше 5 лет для цикла Б1 и не старше 10 лет для других циклов.

в раздел «Учебно-методические издания»:

- рабочая программа учебного модуля с обязательными приложениями;
- учебно-методические издания НовГУ и/или других вузов, если они разрешены Ученым советом института к использованию в учебном процессе в НовГУ.

4 В таблицу 2 входят:

- необходимые комплекты лицензионного программного обеспечения;
- рекомендуемые интернет-ресурсы.