

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ТГПУ)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

M.1.B.03 «МЕТОДЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ»

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) 4

Направление подготовки 011200.68 Физика

Профиль подготовки: Теоретическая физика

Квалификация выпускника магистр

1. Цели изучения дисциплины

Курс «Методы квантовой механики» является важной частью цикла курсов теоретической физики магистерской программы подготовки и представляет собой существенный элемент как современного профессионального физического образования так и современного научного мировоззрения.

Целью курса «Методы квантовой механики» является:

- формирование у магистрантов представлений о квантовых свойствах материи, проявляющихся себя на микроскопических пространственных масштабах;
- дополнение и углубление уже имеющихся у обучающихся знаний об отдельных разделах квантовой механики, полученных в ходе предшествующего обучения в ВУЗе;
- выяснение физического смысла законов и понятий, дальнейшее развитие у обучающихся навыков физического мышления, умения решать конкретные задачи, используя имеющиеся теоретические знания;
- расширение фундаментальной базы физических знаний, дающей основу для дальнейшего более глубокого и детализированного изучения всех разделов теоретической физики;
- формирование теоретической и практической профессиональной подготовки к преподаванию физики в общеобразовательных учреждениях, средних специальных и высших учебных заведениях;
- вооружение магистранта конкретными знаниями, дополняющими уже полученную в курсе квантовой механики информацию и позволяющими впоследствии использовать их для дальнейшей специализации.

2. Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы

Курс «Методы квантовой механики» относится к *Общенаучному циклу* дисциплин и входит в состав его *Вариативной части*.

Областью профессиональной деятельности магистров, на которую ориентирует дисциплина «Методы квантовой механики», является образование и научная деятельность.

Дисциплина готовит к решению следующих задач профессиональной деятельности в педагогической и научной деятельности магистров:

- обучение школьников или студентов с использованием конкретных знаний из области общей и теоретической физики;
- привитие им навыков физического мышления;
- тренировка умения школьников или студентов ставить и решать конкретные задачи;
- участие в формировании научного мировоззрения учащихся путем обогащения его современными представлениями о структуре материи;
- использование полученных в курсе изучения «Методов квантовой механики» навыков и умений в научной деятельности.

Для освоения дисциплины «Методы квантовой механики» обучающиеся используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения курсов Теоретической физики в процессе предшествующего обучения в ВУЗе, а также курсов *Общенаучного цикла*, читаемых в 1 семестре:

- Теория групп Ли,
- Классическая механика/ Современная электродинамика,
- Специальный физический практикум (1,2,3 семестры),

и *Профессионального цикла* магистерской программы:

- Методы математической физики (1,2 семестры).

Параллельно (во 2 семестре) изучаются курсы *Общенаучного цикла* магистерской программы:

- Классическая электродинамика/ Дифференциальная геометрия,
 - Специальный физический практикум (продолжение),
- и *Профессионального цикла* программы:
- Современные проблемы физики,
 - Классические поля (2,3 семестры),
 - Методы математической физики (продолжение),

Освоение данной дисциплины является необходимой основой для последующего изучения курсов *Вариативной части Профессионального цикла*:

- Квантовая теория поля,
- Электродинамика твердых тел/ Квантовая теория излучения
- Общая теория относительности

3. Требования к уровню освоения программы

Процесс изучения дисциплины «Методы квантовой механики» направлен на формирование у магистрантов следующих компетенций:

Общекультурные компетенции:

- ОК-1
- ОК-3

Профессиональные компетенции:

- ПК-5
- ПК-11

В результате освоения материала курса обучающийся должен:

- знать границы применимости классической механики и её связь с квантовой теорией, физическое содержание фундаментальных принципов квантовой механики, основные уравнения и основные модели квантовой механики, свойства уравнения Шредингера, свойства оператора углового момента, иметь представление о методах теории групп, применяемых для изучения симметрий квантовых состояний;
- уметь показать преемственность ключевых тем классической и квантовой механики, связь симметрий с законами сохранения; уметь применять теоретический материал к решению задач, используя математический аппарат квантовой механики, применять уравнение Шредингера для исследования состояний частицы в сферически симметричном поле, квантового гармонического осциллятора, электрона в атоме водорода;
- владеть навыками решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала, в особенности на применении уравнения Шредингера (основного уравнения квантовой механики) к изучаемым системам, владеть общетеоретической культурой, необходимой современному преподавателю и научному работнику.

4. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы .

Объем дисциплины и виды учебной работы: Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость	Распределение по семестрам	
		2 семестр	
Аудиторные занятия	45	45	
Лекции (Л)	30	30	
Практические занятия (ПЗ)	15	15	
Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)			
Другие виды аудиторных работ (в интерактиве не менее 30 %)	20	20	
Другие виды работ			

Самостоятельная работа (СР)	72	72
Курсовой проект (работа)		
Реферат		
Расчетно-графические работы		
Формы текущего контроля		Выполнение учебных заданий в ходе практических занятий. Домашние задания. Устный опрос. Контрольная работа (см. раздел 8.7 Программы)
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	27	экзамен

5. Содержание учебной дисциплины

5.1. Разделы учебной дисциплины Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Аудиторные часы				Сам. работа (час)
		Всего	лекция	Практические занятия	Интерактивные формы обучения (не менее 30%)	
1	Предпосылки и принципы квантовой механики	2	2			6
2	Математический аппарат квантовой механики	6	4	2	2	6
3	Уравнение Шредингера для простейших одномерных задач	7	5	2	2	8
4	Теория оператора углового момента. Сложение моментов	7	4	3	2	6
5	Сферически симметричный потенциал	6	4	2	2	8
6	Системы тождественных частиц	5	3	2	2	8
7	Методы расчета атомных и молекулярных систем	12	8	4	10	30
	Итого	45 час., /1,5 зачет.ед.	30 часов	15 часов	20 часов, 44%	72 часа

5.2. Содержание разделов дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1	Предпосылки и принципы квантовой механики	Понятие состояния. Принцип суперпозиции. Эксперимент с двумя щелями. Эксперимент Штерна-Герлаха. Волновая функция, ее физический смысл. Уравнение Шредингера
2	Математический аппарат квантовой механики	Векторное пространство. Линейные операторы. Классы операторов. Коммутаторы. Собственные векторы и собственные значения операторов. Матричные элементы операторов. Наблюдаемые. Полные наборы

		наблюдаемых. Примеры Гильбертовых пространств: конечномерное пространство, пространство функций. Непрерывные наблюдаемые. Свойства и представления дельта-функции Дирака
3	Уравнение Шредингера для простейших одномерных задач	Одномерная свободная частица. Одномерный потенциальный ящик, потенциальный барьер. Квантовый линейный гармонический осциллятор. Повышающие и понижающие операторы a и a^+ , оператор чисел заполнения. Волновые функции одномерного гармонического осциллятора
4	Теория оператора углового момента. Сложение моментов	Оператор орбитального углового момента как дифференциальный оператор. Алгебра коммутаторов углового момента. Собственные состояния операторов J_z^2 и J_z . Операторы J_+ и J_- и их матричные элементы. Алгебра операторов J_+ и J_-
5	Сферически симметричный потенциал	Энергетический спектр для трёхмерной частицы в сферически симметричном потенциале. Сферические координаты и сферические гармоники. Атом водорода и водородоподобные ионы. Энергетический спектр. Радиальные волновые функции. Расчёт первых радиальных волновых функций атома водорода
6	Системы тождественных частиц	Принцип тождественности. Фермионы и бозоны. Система из двух фермионов. Обменное взаимодействие. Антисимметризация волновой функции. Одночастичные волновые функции. Детерминант Слэтера
7	Методы расчета атомных и молекулярных систем	Теория возмущений. Вариационный метод Ритца. Метод самосогласованного поля Хартри-Фока. Метод Томаса-Ферми. Теория молекул в адабатическом приближении

5.3. Лабораторный практикум не предусмотрен учебным планом.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

6.1. Основная литература:

1. Давыдов, А.С. Квантовая механика: учебная литература для вузов / А.С. Давыдов. – изд. БХВ- Петербург, 2011.-704 с.
2. Ермаков, А.И. Квантовая механика и квантовая химия /А. И. Ермаков. - М. : Юрайт, 2010.- 555 с.
3. Трофимова, Т. И.. Курс физики с примерами решения задач: учебник для вузов : в 2 т./Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов.-М.:КНОРУС. Т. 1, 2.-2010.

6.2. Дополнительная литература:

1. И. В. Савельев. Основы теоретической физики. В 2 т. Т. 2: Квантовая механика.–СПб: Лань, 2005.-432 с.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика.Квантовая механика: учебное пособие для вузов : в 10 т./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-Изд. 7-е, стереотип.- М.:ФИЗМАТЛИТ.- (Теоретическая физика). Т. 3:Квантовая механика.-2002.-700 с.
3. Успехи физических наук. (Периодическое издание)

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

При изучении дисциплины полезно при необходимости использовать Интернет-ресурсы:

1. <http://www.elementy.ru/> – сайт «Элементы большой науки»
2. <http://www.dxdy.ru/> – научный форум
3. <http://www.nehudlit.ru/> – сайт нехудожественной литературы

6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс. Интернет. Требуется возможность демонстрировать графики и рисунки, взятые из переносного компьютера, на экран с помощью мультимедийного проектора на лекциях.

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

7.1. Методические рекомендации для преподавателей

Магистрантский курс «Методы квантовой механики» ввиду специфики дисциплины сориентирован, прежде всего, на традиционные образовательные технологии, см. следующую ниже таблицу.

Таблица 4

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1.	Лекция	Традиционная форма
2.	Практическое занятие	Традиционный подход к решению задач по предложенному алгоритму, а также самостоятельный поиск решения проблемы (проведение расчётов и доказательств, требующих поиска алгоритма)
3.	Семинар	Подготовка обучающимися докладов по заданной теме
4.	Устный опрос	Традиционная форма

Половина времени курса «Методы квантовой механики» отводится самостоятельной работе магистрантов – 72 из 144 часов. В разделе 5.1 приведено распределение времени самостоятельной работы по темам. Формы контроля этой работы преподавателем предложены в разделе 8.7 данной Программы.

Преподаватель обязательно должен давать домашние задания, по возможности индивидуальные, на каждом практическом занятии и проверять на следующем. При систематическом невыполнении текущих заданий обучающийся получает дополнительную нагрузку на экзамене в виде задач и вопросов по незачтённым разделам. Об этом следует проинформировать магистрантов на первых лекциях.

Также в течение семестра преподавателям рекомендуется регулярно проверять усвоение магистрантами теоретического учебного материала. Опросы по пройденному материалу целесообразно проводить через каждые 6-10 лекционных часов в начале каждой лекции, следующей за перечисленными темами (или в ходе темы):

- 1) Предпосылки и принципы квантовой механики
- 3) Уравнение Шредингера для простейших одномерных задач
- 5) Сферически симметричный потенциал
- 6) Системы тождественных частиц

В опрос при этом могут включаться темы всех прочитанных после предыдущего опроса разделов. Ответы магистрантов оцениваются по пятибалльной системе, заносятся в журнал и используются как дополнительная информация при оценивании знаний учащихся на экзамене и при аттестации в середине семестра.

По возможности, помимо текущего контроля, в середине семестра желательно провести более длительную (от 20 до 45 минут) проверочную работу, включающую не только вопросы, но и задачи. Для простоты можно ограничиться одним вариантом заданий. Для текущего

контроля и внеаудиторной работы магистрантов можно использовать контрольные вопросы и задания, приведённые в п. 8.2 и 8.3 раздела 8 данной Программы «Формы текущего контроля».

В начале курса преподаватель должен огласить список рекомендованной для изучения литературы, сделав упор на более близких к читаемому курсу источниках. При этом следует предупредить магистрантов, что некоторые темы, входящие в экзаменационные вопросы, будут разбираться ими самостоятельно. Предлагаемые магистрантам для самостоятельного изучения темы должны развивать их умение работать с литературой, но должны быть доступными, иметь обзорный характер, не требуя слишком детального проникновения в суть вопроса.

Учитывая достаточно высокий уровень самостоятельности магистрантов, на последних занятиях, после усвоения ими базовой части курса, можно предложить им представить доклады-лекции по плановым темам разделов «Системы тождественных частиц», «Методы расчета атомных и молекулярных систем». Такие задания развивают ответственность магистрантов, тренируют их умение изложить материал в доступной форме и ответить на возникающие вопросы. Это очень полезная практика в свете того, что большинство магистрантов сами ведут занятия у студентов.

Формой отчёtnости по данному магистерскому курсу является экзамен. Перечень вопросов к экзамену дан в том же разделе 8 «Формы текущего контроля», п. 8.5. В каждом билете комбинируются два вопроса из разных разделов. Можно предлагать на экзамене и задачи, уже решённые магистрантами в ходе прохождения курса, для проверки прочности усвоения знаний.

7.2 Методические рекомендации для магистрантов

Необходимой базой для прочного усвоения материала курса «Методы квантовой механики» является основательное изучение магистрантами курсов Теоретической физики в процессе предшествующего обучения в ВУЗе (полностью), в частности, курса «Квантовая механика».

В данном курсе немалая роль отводится самостоятельной работе – 72 из 144 часов. Поэтому для более прочного усвоения учебного материала, изложенного на лекциях, обучающимся рекомендуется использовать студенческие конспекты лекций по квантовой механике, а также рекомендуемую учебную литературу (раздел 6 данной программы «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»).

Данная литература, как основная, так и дополнительная, имеется в библиотеке ТГПУ в достаточном количестве экземпляров. При изучении отдельных вопросов и подготовке тем, предложенных к самостоятельному изучению, студенты могут использовать также предложенные и найденные самостоятельно Интернет-ресурсы.

При изучении теоретического материала, вынесенного на самостоятельное изучение, магистранты могут работать совместно, разбив материал на части для индивидуального сбора информации, а затем обмениваясь найденными сведениями. Следует приступить к работе сразу же после получения задания, иначе на неё не остаётся времени в период подготовки к экзамену.

Задания, полученные на лекциях, подобные уже разобранным задачам, являются обязательными и должны выполняться по ходу курса для закрепления пройденного. Невыполнение заданий учитывается при сдаче магистрантом экзамена: он получает дополнительные задачи того же типа, что были вынесены на самостоятельную работу. Большое количество дополнительных заданий затрудняет сдачу экзамена.

Для усвоения магистрантами материала преподаватель проводит промежуточные опросы, результаты которых учитываются на экзамене. Готовясь к ним, учащиеся должны регулярно изучать лекционный материал. Игнорирование промежуточных опросов приводит к неудовлетворительному баллу «контрольной точки» и трудностям в понимании текущих лекций.

Кроме того, от учащегося требуется умение проводить расчёты по изучаемому материалу, следовательно, он должен решать вместе с преподавателем на лекции предлагаемые задачи и обязательно выполнять однотипные задачи, предложенные для внеаудиторной работы, поскольку вопросы билетов по данному курсу включают задачи.

Для проверки своих знаний и тренировки можно использовать задания и вопросы для самостоятельной работы, приведённые в п. 8.2 и 8.3 данной Программы.

Наконец, нужно сказать, что от магистранта требуется более ясное понимание курса и умение самостоятельно разобраться в отдельных темах курса, чем от студента, поэтому на последних занятиях предусмотрены доклады магистрантов реферативного типа и их обсуждение. В данном случае, отвечая на вопросы товарищей, докладчик может проверить, насколько хорошо он разобрался в вопросе. А в другой раз он сам может выяснить детали темы, задавая вопросы другому докладчику. Этим достигается ясное понимание основных вопросов и умение самостоятельно проводить требуемые вычисления.

8. Формы текущего контроля

8.1. Тематика рефератов

Темы докладов определяются, исходя из конкретного материала лекций и возможностей и желаний магистрантов. Обычно это последние темы курса. В данном случае для докладов магистрантов предложены темы из разделов «Системы тождественных частиц» и «Методы расчета атомных и молекулярных систем».

8.2. Контрольные задания и задания для самостоятельной работы

1. Записать решение уравнения Шредингера для свободной частицы
2. Какой из операторов: $Af=af$ или $Bf-f^2$ является линейным?
3. Какой из операторов: $id^2/dx^2+d/dx$ или $d^2/dx^2-id/dx$ является эрмитовым?
4. Найти собственное значение оператора $d^2/dx^2-id/dx$, если собственная функция есть $f=\exp(ikx)$
5. Вывести правило эрмитова сопряжения произведения операторов
6. Записать уравнение Шредингера для стационарных состояний
7. Записать выражение для плотности вероятности нормированной волновой функции N частиц
8. Найти собственные функции и собственные значения операторов проекции спина на оси x, y, z
9. Записать в декартовых координатах выражение для расчета среднего значения радиус-вектора электрона, описываемого волновой функцией ψ
10. Записать в декартовых координатах выражение для расчета среднего значения кинетической энергии электрона, описываемого волновой функцией ψ
11. Записать условия непрерывности волновой функции частицы, падающей на одномерный потенциальный барьер
12. Рассчитать нормирующий множитель волновой функции $A \exp(-3/2 r)$ электрона в центральном поле
13. Рассчитать энергию кванта излучения при возвращении электрона с 3-го возбужденного состояния атома водорода в основное
14. Выразить повышающие и понижающие операторы a и a^+ через операторы координаты и импульса.
15. Найти коммутаторы операторов a и a^+ с оператором Гамильтона.
16. Зная действие повышающих и понижающих операторов на вектора состояний, а также связь оператора координаты с a и a^+ , найти среднее значение квадрата оператора координаты в любом состоянии
17. Какие значения могут принимать собственные значения z-проекции углового момента?
18. Вычислить коммутаторы компонент оператора импульса с компонентами оператора момента импульса. Результат записать одной формулой.
19. Получить в сферических координатах соотношение, связывающее квадрат оператора импульса с квадратом оператора момента импульса.

20. Вычислить коммутаторы различных компонент оператора момента импульса.

21. Вычислить коммутаторы и антикоммутаторы матриц Паули.

22. Рассчитать нормирующий множитель N для однодетерминантной функции

$$\Phi = N \begin{pmatrix} \psi_1(1) & \psi_1(2) \\ \psi_2(1) & \psi_2(2) \end{pmatrix} \quad \text{в базисе ортонормированных} \quad \psi_m(k) \quad \text{функций}$$

8.3. Контрольные вопросы и вопросы для самопроверки

1. Основной принцип квантовой механики?
2. В чем состоит физический смысл волновой функции?
3. Дать определение Гильбертова пространства
4. Понятие оператора
5. Что означает полнота системы собственных функций оператора
6. Свойства собственных значений операторов физических величин
7. Как понимается степень оператора?
8. Записать соотношение неопределенности для двух произвольных операторов
9. Записать соотношение неопределенности для канонически сопряженных величин, привести примеры
10. Как действует на волновую функцию оператор инверсии?
11. Что такое «одномерный потенциальный ящик»?
12. Записать классический гамильтониан одномерного гармонического осциллятора.
13. Записать оператор Гамильтона одномерного гармонического осциллятора в терминах повышающих и понижающих операторов a и a^\dagger .
14. Являются ли операторы a и a^\dagger эрмитовыми?
15. Какова энергия основного состояния одномерного гармонического осциллятора?
16. Как выглядит оператор орбитального углового момента?
17. Другое название сферических гармоник.
18. Как выглядит гамильтониан атома водорода?
19. По каким квантовым числам имеет место вырождение в кулоновском поле?
20. Сохраняется ли орбитальный угловой момент для произвольной частицы?
21. Что такое «детерминант Слэтера»?
22. В какой модели используется «грубое приближение Борна-Оппенгеймера»?

8.4. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (к экзамену)

1. Понятие состояния в квантовой механике. Принцип суперпозиции. Эксперимент с двумя щелями
2. Принцип суперпозиции. Эксперимент Штерна-Герлаха
3. Волновая функция, ее физический смысл. Уравнение Шредингера
4. Векторное пространство. Скалярное произведение. Полнота векторного пространства. Гильбертово пространство
5. Линейные операторы. Классы операторов. Коммутаторы
6. Собственные векторы и собственные значения операторов. Матричные элементы операторов
7. Наблюдаемые. Полные наборы наблюдаемых. Ожидаемое значение наблюдаемой
8. Примеры Гильбертовых пространств: конечномерное пространство
9. Примеры Гильбертовых пространств: пространство функций
10. Непрерывные наблюдаемые. Свойства и представления дельта-функции Дирака
11. Одномерные задачи квантовой механики. Одномерная свободная частица. Одномерный потенциальный ящик
12. Одномерные задачи квантовой механики. Одномерный потенциальный барьер

13. Квантовый гармонический осциллятор. Повышающие и понижающие операторы, оператор чисел заполнения
14. Квантовый линейный гармонический осциллятор. Повышающие и понижающие операторы a и a^\dagger . Основное состояние. Оператор чисел заполнения.
15. Матричные элементы a и a^\dagger . Волновые функции одномерного гармонического осциллятора
16. Сферически симметричный потенциал. Сферическая симметрия. Оператор орбитального углового момента как дифференциальный оператор
17. Алгебра коммутаторов углового момента
18. Собственные состояния операторов J^2 и J_z
19. Операторы J_+ и J_- , и их матричные элементы
20. Энергетический спектр для трёхмерной частицы в сферически симметричном поле
21. Алгебра операторов J_+ и J_-
22. Сложение угловых моментов
23. Сферические координаты и сферические гармоники.
24. Радиальные волновые функции частицы в центральном поле
25. Радиальные волновые функции свободной частицы
26. Атом водорода. Симметрии. Энергетический спектр.
27. Радиальные волновые функции атома водорода
28. Операторы спина. Собственные функции и собственные значения операторов спина. Волновые функции для частиц со спином
29. Системы тождественных частиц. Принцип тождественности. Фермионы и бозоны
30. Система из двух частиц со спином 1/2
31. Симметризация волновой функции. Обменное взаимодействие. Антисимметризация волновой функции
32. Одночастичные волновые функции. Детерминантный вид антисимметризованной волновой функции
33. Методы расчета атомных систем
34. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени
35. Теория возмущений. Случай двух близких уровней
36. Теория возмущений. Возмущения, зависящие от времени
37. Вариационный метод Ритца
38. Метод самосогласованного поля Хартри-Фока
39. Метод Томаса-Ферми
40. Теория молекул в адиабатическом приближении

8.5. Темы для написания курсовых работ

Не предусмотрено учебным планом.

8.6. Формы контроля самостоятельной работы Таблица 5

№п/п	Наименование раздела дисциплины	Средства текущего контроля
1	Предпосылки и принципы квантовой механики	Устный опрос
2	Математический аппарат квантовой механики	Проверка домашних работ. Выполнение учебных заданий в ходе практических занятий
3	Уравнение Шредингера для простейших одномерных задач	Проверка домашних работ. Выполнение вычислений в ходе практических занятий. Устный опрос
4	Теория оператора углового момента. Сложение моментов	Контрольная работа
5	Сферически симметричный потенциал	Проверка домашних работ. Выполнение

		учебных расчётов в ходе лекционных и практических занятий. Устный опрос
6	Системы тождественных частиц	Проверка домашних работ. Устный опрос Проведение доказательств и вычислений в ходе лекционных занятий Представление докладов
7	Методы расчета атомных и молекулярных систем	Проверка домашних работ. Проведение доказательств в ходе лекционных занятий. Представление докладов

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки: 011200.68 Физика.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена: доцентом кафедры теоретической физики, кандидатом физ.-мат. наук,

Е. Н. Кирилловой

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики ТГПУ, протокол № 8 от « 30 » августа 2012 г.,

Заведующий кафедрой теоретической физики

И. Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена УМК физико-математического факультета ТГПУ, протокол № 5 от « 30 » августа 2012 г.,

Председатель УМК физико-математического факультета

З. А. Скрипко