

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д. А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Теория групп и ее приложения

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика атомов и молекул

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

## 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) Аминов Л.К. Кутузов А.С.

### 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
ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-3	способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности
ПК-6	способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

терминологию теории групп, группы симметрии физических систем, приложения теории групп в физике.

Должен уметь:

ориентироваться в приложениях теории групп, составлять таблицы умножения групп, пользоваться таблицами характеров для разложения представлений групп на неприводимые составляющие.

Должен владеть:

практическими навыками использования теории групп и её представлений, навыками расчетов с помощью теории групп.

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика атомов и молекул)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе в 1 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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 24 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 12 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 48 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 1 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	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные понятия теории групп. Примеры групп.	1	3	0	3	6
2.	Тема 2. Линейные представления групп.	1	3	0	3	6
3.	Тема 3. Группа вращений.	1	3	0	3	6
4.	Тема 4. Некоторые физические приложения теории групп.	1	3	0	3	6
5.	Тема 5. Выполнение индивидуального семестрового задания по темам 1 и 2.	1	0	0	0	8
6.	Тема 6. Выполнение индивидуального семестрового задания по теме 3.	1	0	0	0	8

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Основные понятия теории групп. Примеры групп.	0	0	8
Тема 7. Выполнение индивидуального семестрового задания по теме 4.	0	0	8

Групповые аксиомы. Коммутативные группы. Подгруппы. Конечные и непрерывные группы. Перестановки, циклы, транспозиции. Циклические группы. Порядок элемента группы. Системы образующих и определяющих соотношений. Смежные классы по подгруппе. Теорема Лагранжа. Классы сопряженных элементов. Инвариантные подгруппы. Простые группы. Фактор-группа. Изоморфизм и гомоморфизм групп. Основная теорема о гомоморфизме. Прямое произведение групп. Таблица умножения конечной группы. Теорема Кэли. Точечные группы симметрии:  $C_n$ ,  $D_n$ ,  $C_{nh}$ ,  $C_{nv}$ ,  $D_{nh}$ ,  $D_{nd}$ ,  $T$ ,  $O$ ,  $T_d$ ,  $O_h$ .

#### Тема 2. Линейные представления групп.

Определение представлений. Размерность представлений. Эквивалентные, унитарные, приводимые и неприводимые представления. Матрицы приводимых представлений. Разложение приводимых унитарных представлений. Унитарность представлений конечных групп. Леммы Шура. Соотношения ортогональности матричных элементов НП. Характер представления. Соотношения ортогональности характеров НП.

Регулярное представление конечной группы и его разложение по НП. Комплексно-сопряженные представления. Прямое произведение линейных пространств, линейных операторов и матриц. Прямое произведение представлений группы.

Метод Бете вычисления характеров НП конечных групп. Проективные операторы. Канонические базисы в пространствах, на которых осуществляются приводимые представления.

#### Тема 3. Группа вращений.

Группа вращений в трехмерном пространстве (ортогональная группа  $O(3)$ ). Различные параметризации группы. Непрерывные представления группы вращений. Инфинитезимальные операторы НП, их свойства. Матрицы инфинитезимальных операторов в каноническом базисе. Представления на сферических функциях. Двухзначные представления. Гомоморфизм группы  $SU(2)$  на группу  $O(3)$ . Связь НП двумерной унитарной группы и группы вращений.

Произведения НП группы вращений. Сложение моментов. Разложение произведения двух НП. Тензорные и спинорные представления. Спиноры, ранг спиноров. Симметричные спиноры. Представление группы вращений на симметричных спинорах.

Матрицы НП группы вращений (обобщенные сферические функции). Коэффициенты Клебша-Гордона для группы вращений. Связь комплексно-сопряженных НП. Понятие о  $3j$ -символах. Теорема Вигнера-Экарта. Полная ортогональная группа  $O(3)$ . Двойные точечные группы и двухзначные представления точечных групп.

#### Тема 4. Некоторые физические приложения теории групп.

Группа симметрии квантовомеханической системы. Классификация уровней энергии и стационарных состояний квантовомеханической системы по НП группы симметрии. Расщепление уровней энергии при наложении возмущения, понижающего симметрию системы. Нормальные колебания молекул. Молекулярные орбитали симметричных молекул.

## **Тема 5. Выполнение индивидуального семестрового задания по темам 1 и 2.**

Основные понятия теории групп. Примеры групп.

Линейные представления групп.

## **Тема 6. Выполнение индивидуального семестрового задания по теме 3.**

Группа вращений.

## **Тема 7. Выполнение индивидуального семестрового задания по теме 4.**

Некоторые физические приложения теории групп.

## **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, программы магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/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

Аминов, Л.К. Теория групп и ее приложения. Конспект лекций и задачи [Электронный образовательный ресурс] / Л.К. Аминов, А.С. Кутузов, Ю.Н. Прошин // - <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/20303>

Аминов, Л.К. Теория групп и ее приложения. [Электроннообразовательный ресурс] / Л.К. Аминов, А.С. Кутузов, Ю.Н. Прошин // - <http://edu.kpfu.ru/course/view.php?id=619>

## **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 теоретической физики КФУ - <http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodicheskie-materialy>

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

Поисковик электронных книг - <http://www.poiskknig.ru>

Сайт Научной библиотеки им. Н. И. Лобачевского - <http://kpfu.ru/library>

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

Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Можно выделить несколько видов самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины.

Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:

- Понять и запомнить все новые определения.
- Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект.
- Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются).

- Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать.

- При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п.

Самостоятельное изучение части материала. 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 сообщит преподаватель.

Подготовка домашнего задания. В домашней работе студентов можно выделить две составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач. Таким образом, придя домой 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 всё же научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.

Подготовка к контрольным работам. То, как студент научился самостоятельно решать задачи, преподаватель проверяет посредством проведения контрольных работ, на которых от студента требуется решить несколько задач из числа тех, которые решались в аудитории, и тех, которые были заданы в качестве домашней работы. Таким образом, для успешной подготовки к контрольным работам необходимо научиться самостоятельно воспроизводить решения разобранных на занятиях задач и задач домашних заданий в соответствии с рекомендациями для подготовки домашнего задания, приведенными выше.

Во время контрольной работы для каждой задачи в билете будет указано, во сколько баллов оценивается её правильное решение. Сумма баллов всех задач в билете равна 'стоимости' данной контрольной работы, в соответствии с регламентом балльно-рейтинговой системы данной дисциплины.

Контрольная работа выполняется на чистых тетрадных листах или на бумаге формата А4. Страницы должны быть пронумерованы. Вверху первого листа указываются фамилия и инициалы студента, номер группы, номер контрольной работы, номер билета или варианта. Каждый чистый листок подписывается преподавателем или как-то помечается им в начале контрольной работы во избежание сдачи на проверку заранее подготовленных решений вместо выполненных в аудитории. Время, отведенное на выполнение контрольной работы, определяется преподавателем и сообщается студентам заблаговременно. По окончании отведенного времени контрольная работа сдается преподавателю для проверки и выставления заработанных баллов. Результаты сообщаются студентам на одном из последующих аудиторных занятий и/или выкладываются в сети Интернет по заранее сообщённому студентам электронному адресу.

Также студенту следует иметь в виду, что:

- На контрольной работе тетрадь пользоваться нельзя!
- На контрольной работе телефоном, планшетом и т.д. пользоваться НЕЛЬЗЯ!
- На контрольную работу можно (и даже нужно) принести листочек формата А4 или двойной тетрадный, на котором с двух сторон только от руки разрешается написать необходимые формулы, какие на ваш взгляд могут понадобиться при решении задач. В начале контрольной работы преподаватель соберёт эти листочки; затем, раздав билеты, тщательно просмотрит содержимое листочков. Если листочек не соответствует указанным требованиям, то он студенту возвращён не будет! Такое может произойти, например, если листочек написан не от руки, а распечатан или откопирован; если на листочке находится что-либо лишнее (куски решения каких-либо задач, ответы и т.п.).
- На контрольную работу можно принести справочник по математике.
- Итак, на контрольную работу следует принести: кипу чистых листочков, листочек с рукописными формулами и, по желанию, математический справочник. Всё остальное не допустимо и будет изыматься преподавателем.
- Списывания и совместные решения, а также нарушения изложенных выше требований караются снижением баллов (вплоть до нуля).
- Оценивается не ответ, а само решение! Проверяется каждая строчка решения, правильность и корректность всех этапов решения.
- Работа должна быть написана чётко и разборчиво. Ведь чем больше времени преподаватель затратит на разбор написанного, тем в меньшее количество баллов он может оценить решение.
- Билеты будет раздавать сам преподаватель. При наличии пропусков преподаватель может дать студенту билет, содержащий задачу из какого-нибудь пропущенного студентом занятия.

#### **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 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика атомов и молекул".



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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика атомов и молекул

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

**Основная литература:**

- 1.Аминов, Л.К. Теория групп и ее приложения. Конспект лекций и задачи [Электронный ресурс] / Л.К. Аминов, А.С. Кутузов, Ю.Н. Прошин // Учебное пособие. - Казань: Казан. ун-т, 2015. - 123 с.  
<http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/20303>
2. Ляпин Е.С., Айзенштат А.Я., Лесохин М.М. Упражнения по теории групп.- М.: -Изд 'Лань', 2010. - 272 с.  
<http://e.lanbook.com/view/book/528/>

**Дополнительная литература:**

1. Курош А.Г. Теория групп. - М.: Изд. 'Лань', 2005. - 648 с. <http://e.lanbook.com/view/book/562/>
2. Наймарк, М.А. Теория представлений групп. - М.: Физматлит, 2010. - 576 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2751/>

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.8 Теория групп и ее приложения

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика  
Профиль подготовки: Физика атомов и молекул  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2016

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.