

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

  
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Теория групп и ее приложения Б1.В.ДВ.8

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Аминов Л.К. , Кутузов А.С.

**Рецензент(ы):**

Соловьев О.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Прошин Ю. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 613118

Казань  
2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Аминов Л.К. Кафедра теоретической физики Отделение физики , Linar.Aminov@kpfu.ru ; доцент, к.н. Кутузов А.С. Кафедра теоретической физики Отделение физики , Alexander.Kutuzov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является получение достаточного количества знаний и навыков для практического использования теории групп в физических задачах. Схема практического использования теории групп в физических задачах обычно выглядит следующим образом: описание симметрии физической системы, составление приводимого представления на множестве состояний системы, разложение его на неприводимые составляющие и вычисление матричных элементов операторов на состояниях, относящихся к неприводимым представлениям группы симметрии. Предлагаемый курс, помимо основ абстрактной теории групп и их представлений, включает сведения о точечных группах симметрии и группе вращений, необходимые для описания спектров свободных атомов и молекул, а также примесных центров в кристаллах.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.02 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: аналитическая геометрия и линейная алгебра, математический анализ, дифференциальные уравнения, квантовая механика.

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: теория оптических спектров и спектров ЭПР, теория колебаний молекул.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

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

2. должен уметь:

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

3. должен владеть:

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

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные понятия теории групп. Примеры групп.	1	1-3	3	0	3	Устный опрос Письменное домашнее задание Контрольная работа
2.	Тема 2. Линейные представления групп.	1	4-7	3	0	3	Устный опрос Письменное домашнее задание Контрольная работа
3.	Тема 3. Группа вращений.	1	8-12	3	0	3	Устный опрос Письменное домашнее задание Контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Некоторые физические приложения теории групп.	1	13-15	3	0	3	Устный опрос Письменное домашнее задание Контрольная работа
5.	Тема 5. Выполнение индивидуального семестрового задания по темам 1 и 2.	1	1-15	0	0	0	Письменная работа
6.	Тема 6. Выполнение индивидуального семестрового задания по теме 3.	1	1-15	0	0	0	Письменная работа
7.	Тема 7. Выполнение индивидуального семестрового задания по теме 4.	1	1-15	0	0	0	Письменная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	Зачет
	Итого			12	0	12	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные понятия теории групп. Примеры групп.

#### *лекционное занятие (3 часа(ов)):*

Групповые аксиомы. Коммутативные группы. Подгруппы. Конечные и непрерывные группы. Перестановки, циклы, транспозиции. Циклические группы. Порядок элемента группы. Системы образующих и определяющие соотношения. 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:  $C_n$ ,  $D_n$ ,  $C_{nh}$ ,  $C_{nv}$ ,  $D_{nh}$ ,  $D_{nd}$ ,  $T$ ,  $O$ ,  $T_d$ ,  $O_h$ .

#### *лабораторная работа (3 часа(ов)):*

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

### Тема 2. Линейные представления групп.

#### *лекционное занятие (3 часа(ов)):*

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.

**лабораторная работа (3 часа(ов)):**

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

**Тема 3. Группа вращений.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

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-Эккарта. Полная ортогональная группа  $O(3)$ . Двойные точечные группы и двухзначные представления точечных групп.

**лабораторная работа (3 часа(ов)):**

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

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

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

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.

**лабораторная работа (3 часа(ов)):**

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

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

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

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

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные понятия теории групп. Примеры групп.	1	1-3	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Линейные представления групп.	1	4-7	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Группа вращений.	1	8-12	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Некоторые физические приложения теории групп.	1	13-15	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Выполнение индивидуального семестрового задания по темам 1 и 2.	1	1-15	подготовка к письменной работе	8	письменная работа
6.	Тема 6. Выполнение индивидуального семестрового задания по теме 3.	1	1-15	подготовка к письменной работе	8	письменная работа
7.	Тема 7. Выполнение индивидуального семестрового задания по теме 4.	1	1-15	подготовка к письменной работе	8	письменная работа
	Итого				48	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Виды учебной работы: лекции, аудиторные и самостоятельные решения задач, контрольные работы, самостоятельная работа.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Основные понятия теории групп. Примеры групп.

домашнее задание , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

устный опрос , примерные вопросы:

Групповые аксиомы. Коммутативные группы. Подгруппы. Конечные и непрерывные группы. Перестановки, циклы, транспозиции. Циклические группы. Порядок элемента группы. Системы образующих и определяющие соотношения. 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.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

устный опрос , примерные вопросы:

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.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

устный опрос , примерные вопросы:



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-Эккарта. Полная ортогональная группа  $O_3$ . Двойные точечные группы и двухзначные представления точечных групп.

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

домашнее задание , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

устный опрос , примерные вопросы:

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.**

письменная работа , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 2, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 2 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F455541495/Prilozhenie2.pdf>

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

письменная работа , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 2, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 2 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F455541495/Prilozhenie2.pdf>

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

письменная работа , примерные вопросы:

Задачи по данной теме приведены в Приложении 2, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 2 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F455541495/Prilozhenie2.pdf>

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

1. Теорема Лагранжа.
2. Основная теорема о гомоморфизме.
3. Соотношения ортогональности матричных элементов неприводимых представлений.
4. Соотношения ортогональности характеров неприводимых представлений.
5. Разложение приводимых представлений на неприводимые составляющие.
6. Канонические базисы приводимых представлений.
7. Параметризации группы вращений.
8. Инфинитезимальные операторы неприводимых представлений группы вращений.

9. Двухзначные представления группы вращений.
10. Произведения неприводимых представлений группы вращений.
11. Тензорные и спинорные представления группы вращений.
12. Коэффициенты Клебша-Гордона.
13. Теорема Вигнера-Эккарта.
14. Двойные точечные группы.

РЕГЛАМЕНТ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ (БРС) по работе в семестре (50 баллов):

Контрольная работа по разделу 1: 5 баллов

Контрольная работа по разделу 2: 5 баллов

Контрольная работа по разделу 3: 5 баллов

Контрольная работа по разделу 4: 5 баллов

Индивидуальное семестровое задание по разделам 1 и 2: 10 баллов

Индивидуальное семестровое задание по разделу 3: 10 баллов

Индивидуальное семестровое задание по разделу 4: 10 баллов

Задачи контрольных работ приведены в Приложении 1, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 1 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F135808431/Prilozhenie1.pdf>

Индивидуальные семестровые задания приведены в Приложении 2, печатный экземпляр которого является дополнением настоящей программы. Электронная версия Приложения 2 хранится на сайте КФУ и доступна по ссылке <http://kpfu.ru/portal/docs/F455541495/Prilozhenie2.pdf>

Компетенции обучающегося, перечисленные в разделе 3 данной программы, приобретаются посредством разбора и проработки лекционного материала, посредством работы во время аудиторных занятий и посредством самостоятельной работы, предусмотренных учебным планом.

### 7.1. Основная литература:

1. Хамермеш, М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам: перевод с англ./ Хамермеш, М.; Данилов, Ю. А., -Издание 3-е.-Москва : Либроком, 2010. ? 584 с.
2. Каргаполов М.И., Мерзляков Ю.И. Основы теории групп. - М.: "Лань". - 2009. - 288 с. <http://e.lanbook.com/view/book/177/>
3. 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/>

### 7.2. 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/>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

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

Методические материалы кафедры теоретической физики КФУ - [http://kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=8205](http://kpfu.ru/main_page?p_sub=8205)

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>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Теория групп и ее приложения" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Учебные аудитории для проведения лекционных и других аудиторных занятий с наличием больших досок для письма мелом или маркером.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе Теоретическая и математическая физика .

Автор(ы):

Аминов Л.К. \_\_\_\_\_

Кутузов А.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Соловьев О.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.