**Программа утверждена на заседании кафедры теории чисел**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

1. Код и наименование дисциплины (модуля): Множества Делоне: периодические и квазипериодические структуры.

2. Уровень высшего образования – специалитет.

3. Направление подготовки: 01.05.01 Фундаментальные математика и механика. Специализация: Фундаментальная математика.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП. Является специальной дисциплиной (спецкурсом) для студентов 3-6 годов обучения, специализирующихся в данной научной области или смежной научной области, спецкурсом по выбору студента.

Освоение дисциплины необходимо для последующего изучения дисциплин образовательной программы: курсовая работа, научно-исследовательская практика, преддипломная практика, выпускная квалификационная работа.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часа, из которых 44 (46\*) часа составляет контактная работа студента с преподавателем (34 (36\*) часа занятия лекционного типа, 12 часов мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 64 (62\*) часа составляет самостоятельная работа студента.

*\* - если специальный курс читается в нечетном семестре (продолжительность нечетного семестра 18 недель, четного семестра 17 недель).*

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Для того чтобы изучение дисциплины было возможно, обучающийся должен

1. освоить следующие дисциплины образовательной программы: математический анализ, линейную алгебру, аналитическую геометрию.
2. обладать следующими компетенциями:

Знать: основные методы дисциплин из пункта 1).

Уметь: решать стандартные задачи тех же дисциплин и применять идеи, использованные в их решениях, для решения аналогичных задач.

Владеть: основными понятиями и теоремами тех же дисциплин.

8. Формат обучения.

очная форма обучения, лекционные занятия.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (Перечень тем см. Приложения).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего**  **(часы**) | В том числе | | | | | | | | |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**  Из них | | | | | | **Самостоятельная работа обучающегося, часы**  из них | | |
| Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Групповые консультации | Индивидуальные консультации | Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации | **Всего** | Выполнение домашних заданий | Подготовка рефератов и т.п. | **Всего** |
| Тема 1 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 2 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 3 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 4 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 5 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 6 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 7 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 8 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Текущий контроль успеваемости | 6 |  |  |  |  | 2 | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 9 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 10 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 11 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 12 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 13 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 14 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 15 | 6 | 2 |  |  |  |  | 2 | 4 |  | 4 |
| Тема 16 | 4 |  |  |  |  |  | 0 | 4 |  | 4 |
| Тема 17\* | 2\* |  |  |  |  |  |  | 2\* |  | 2\* |
| Промежуточная аттестация  *экзамен*  *зачет* | 8 (6\*) |  |  |  |  | 2 | 2 | 6(4\*) |  | 6 (4\*) |
| **Итого** | 108 | 30 |  |  |  | 4 | 34 | 74 |  | 74 |

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю):

Конспекты лекций, списки задач к лекциям, основная и дополнительная учебная литература.

11. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).

* Перечень компетенций:
* Описание шкал оценивания*:*

*экзамен с оценкой по пятибалльной шкале*

*зачет («зачтено» или «не зачтено»)*

* Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.
* Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций.См. Приложения.

12. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной учебной литературы:

1. Б.Н.Делоне, Петербургская школа теории чисел, изд-во АН СССР, 1947.
2. Б.Н.Делоне, Геометрия положительных квадратичных форм. УМН 1937, 3,(1-я часть), УМН 1938, 4 (2-я часть).
3. J.F.C. Lagarias, Geometric Models for Quasicrystal:\_Delone Sets of Finite Type (обзорная статья).
4. N.P. Dolbilin, J.F.C. Lagarias, M. Senechal, Multiregular Point Systems

Перечень дополнительной учебной литературы: см. Приложения

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»: см. Приложения.

Описание материально-технической базы: аудитории для проведения лекционных занятий.

13. Язык преподавания: русский (при необходимости – английский).

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Множества Делоне: периодические и квазипериодические структуры.
2. Преподаватель - проф. Н. П. Долбилин.
3. Аннотация курса: Множества Делоне и связанные с этим разбиения Вороного и Делоне. Разбиения пространства на многогранники. Решетки. Параллелоэдры: основные теоремы. Правильные системы. Кристаллографические группы. Теорема Ге. Иерархия в семействе множеств Делоне.
4. Тематическое содержание курса:

|  |  |
| --- | --- |
| Тема 1 | Множества Делоне; примеры. Радиус покрытия и радиус упаковки |
| Тема 2 | Метод пустого шара. Многогранники Делоне. Разбиения Делоне. |
| Тема 3 | Многогранники Вороного, Разбиения Вороного |
| Тема 4 | Метрическая дуальность разбиений Делоне и Вороного |
| Тема 5 | Алгоритмы вычисления разбиений Делоне. |
| Тема 6 | Метод (Вороного) подъема разбиений Вороного и Делоне на параболоид. |
| Тема 4 | Решетки и базисы. |
| Тема 5 | Параллелоэдры; теорема Минковского о параллелоэдрах |
| Тема 6 | Теорема об индексе и оценка сверху для числа гиперграней в d-мерном параллелоэдре |
| Тема 7 | Вывод трехмерных параллелоэлров |
| Тема 8 | Теорема Александрова о достаточных условиях разбиения |
| Тема 9 | Кристаллографические группы и правильные системы |
| Тема 10 | Эквивалентные определения кристаллографической группы. |
| Тема 11 | Теорема Шенфлиса-Бибербаха для d=2 |
| Тема 12 | Теорема Шенфлиса-Бибербаха для d=3 |
| Тема 13 | Локальный критерий правильной системы; следствия |
| Тема 14 | Кристаллы; локальный критерий |
| Тема 15 | Локальные правила и апериодические семейства; примеры |
| Тема 16 | Метод сечений и проекций де Брюйна |
| Тема 17\* | Квазипериодические множества Делоне |

*\* - если специальный курс читается в нечетном семестре (продолжительность нечетного семестра 18 недель, четного семестра 17 недель).*

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций.

Вопросы к экзамену:

1. Множества Делоне.
2. Метод пустого шара и разбиения Делоне.
3. Метрический характер дуальности разбиений Делоне и Вороного.
4. Параллелоэдры: теорема Минковского.
5. Теорема Александрова о полиэдральных разбиениях.
6. Теорема о подъеме разбиений Делоне и Вороного на параболоид.
7. Вывод 3-мерных параллелоэдров.
8. Локальный критерий правильности системы.
9. Теорема Шенфлиса- Бибербаха

6. Перечень дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

**Приложение утверждено на заседании кафедры теории чисел**